



**ANALISIS BILANGAN REYNOLD (Re) UNTUK
MENENTUKAN JENIS ALIRAN FLUIDA MENGGUNAKAN
CFD (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC*) SEBAGAI
RANCANGAN BAHAN AJAR DI SMA**

SKRIPSI

Oleh

Deny Darmawan

NIM 140210102082

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2018



**ANALISIS BILANGAN REYNOLD (Re) UNTUK
MENENTUKAN JENIS ALIRAN FLUIDA MENGGUNAKAN
CFD (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC*) SEBAGAI
RANCANGAN BAHAN AJAR DI SMA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh

Deny Darmawan

NIM 140210102082

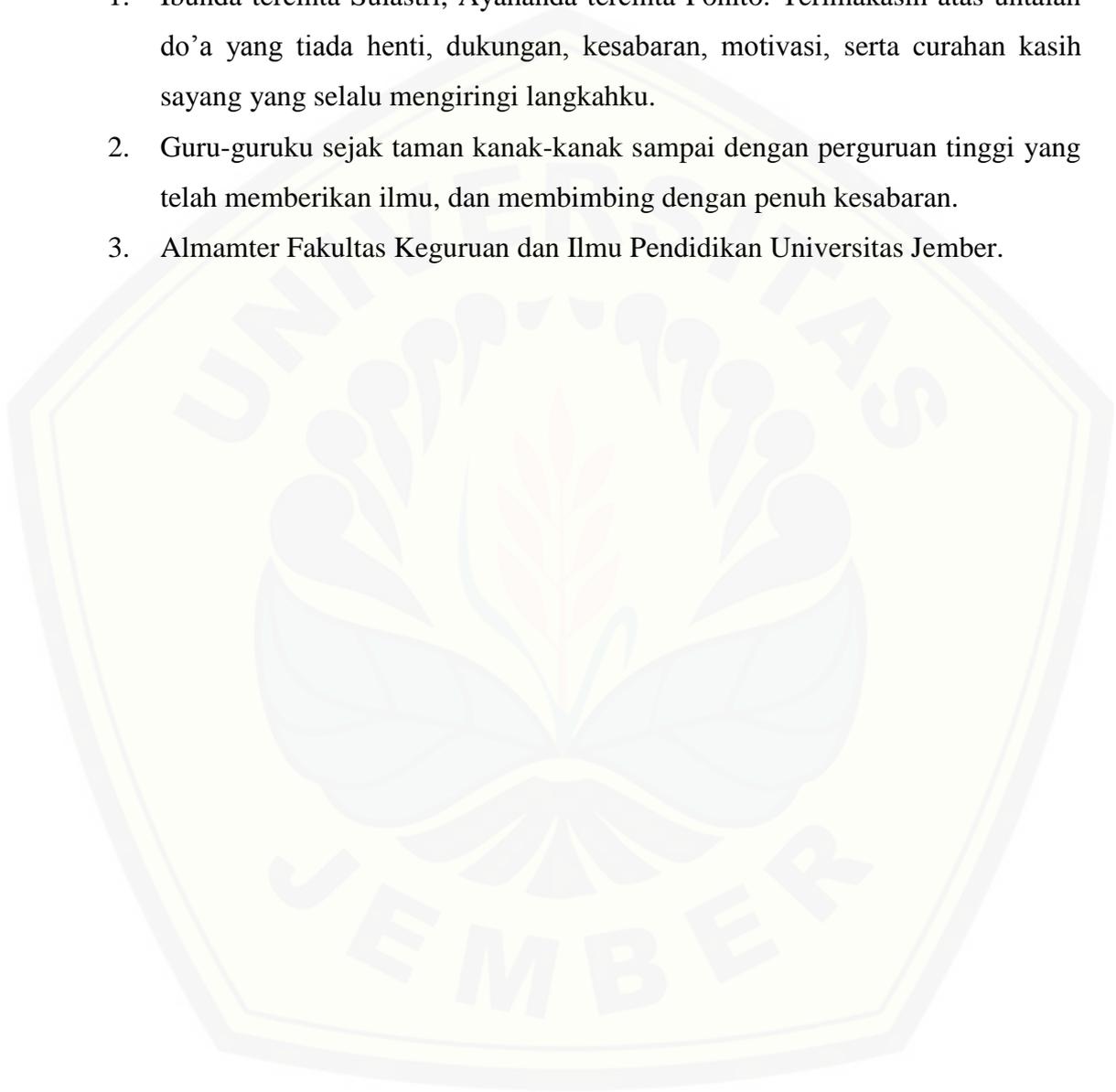
**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2018

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda tercinta Sulastri, Ayahanda tercinta Ponito. Terimakasih atas untaian do'a yang tiada henti, dukungan, kesabaran, motivasi, serta curahan kasih sayang yang selalu mengiringi langkahku.
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu, dan membimbing dengan penuh kesabaran.
3. Almamter Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.



MOTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.
(terjemahan Surat *Al-Mujadalah* ayat 11)*



*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT. Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Deny Darmawan

NIM : 140210102082

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Bilangan Reynold (Re) Untuk Menentukan Jenis Aliran Fluida Menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) Sebagai Rancangan Bahan Ajar di SMA” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2018
Yang menyatakan

Deny Darmawan
NIM 140210102082

SKRIPSI

**ANALISIS BILANGAN REYNOLD (Re) UNTUK
MENENTUKAN JENIS ALIRAN FLUIDA MENGGUNAKAN
CFD (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC*) SEBAGAI
RANCANGAN BAHAN AJAR DI SMA**

Oleh

Deny Darmawan

NIM 140210102082

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Alex Harijanto, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Sri Astutik, M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Bilangan Reynold (Re) untuk Menentukan Jenis Aliran Fluida Menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) sebagai Rancangan Bahan Ajar di SMA” karya Deny Darmawan telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 24 April 2018

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Alex Harijanto, M.Si

NIP 196411171991031001

Dr. Sri Astutik, M.Si

NIP 196706101992032002

Anggota I,

Anggota II,

Drs. Albertus Djoko L, M.Si

NIP 196412301993021001

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc

NIP 196807101993021001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Jember

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D

NIP 196808021993031004

RINGKASAN

Analisis Bilangan Reynold (Re) untuk Menentukan Jenis Aliran Fluida Menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) sebagai Rancangan Bahan Ajar di SMA; Deny Darmawan; 2018: 68 halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Salah satu pembelajaran fisika di SMA yaitu tentang fluida. Dalam beberapa buku telah membahas mengenai aliran stasioner (laminer) dan aliran turbulen, namun tidak dibahas secara detail dan sama sekali tidak menyebutkan bilangan Reynold. Siswa penting untuk mengetahui bilangan Reynold, karena siswa yang diajarkan mengenai fluida ideal harus mengerti tentang aliran laminer. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka untuk mengatasinya diperlukan adanya suatu media yang dapat merepresentasikan suatu aliran fluida. CFD (*Computational fluid dynamics*) adalah sekumpulan metodologi yang menggunakan komputer untuk melakukan simulasi aliran fluida secara numerik. Penyebab lain kesulitan siswa dalam mempelajari fisika yaitu kurang menariknya bahan ajar yang digunakan dan terbatasnya materi yang disampaikan diberbagai buku teks yang tersedia. Sumber belajar berupa buku teks terbatas dan kurang menarik untuk dibaca atau ditelusuri oleh siswa (Tampubolon *et al.*, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk menalisis nilai bilangan Reynold (Re) dalam menentukan jenis aliran fluida. Untuk itu diperlukan adanya media yang dapat mensimulasikan aliran fluida yaitu CFD (*Computational fluid dynamics*). Hasil dari analisis bilangan Reynold (Re) akan digunakan untuk merancang bahan ajar di SMA. Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian dilaksanakan dengan mempersiapkan *software* CFD (*Computational fluid dynamics*) kemudian membuat model pipa yang akan digunakan dalam penelitian. Melakukan perhitungan nilai bilangan Reynold dan memasukkan nilai input parameter pada CFD (*Computational fluid dynamics*). Melakukan input geometri yaitu pipa yang telah dibuat dan melakukan simulasi.

Hasil simulasi dapat dilihat dalam bentuk gambar, yang kemudian dianalisis berdasarkan nilai bilangan Reynold (Re) dan bentuk alirannya.

Berdasarkan analisis data diperoleh hasil bahwa dengan variasi diameter perintang dalam pipa, semakin besar diameter perintang dalam pipa maka semakin turbulen aliran yang dihasilkan. Pada diameter perintang 30 cm didapatkan hasil berupa aliran laminar, diameter perintang 50 cm dan 70 cm berupa aliran transisi, dan diameter perintang 90 cm dan 100 cm berupa aliran turbulen. Hal yang sama juga terjadi dengan variasi kecepatan aliran fluida. Semakin besar kecepatan aliran fluida, maka semakin turbulen pula aliran yang dihasilkan. Pada pipa 1 didapatkan hasil dengan kecepatan 0,05 m/s berupa aliran laminar, kecepatan 0,1 m/s dan 0,15 m/s berupa aliran transisi, serta kecepatan 0,2 m/s dan 0,25 m/s berupa aliran turbulen. Pada pipa 2 didapatkan hasil dengan kecepatan 0,05 m/s berupa aliran laminar, kecepatan 0,1 m/s dan 0,15 m/s berupa aliran transisi, serta kecepatan 0,2 m/s dan 0,25 m/s berupa aliran turbulen. Pada pipa 3 didapatkan hasil dengan kecepatan 0,05 m/s berupa aliran transisi, kecepatan 0,1 m/s, 0,15 m/s, 0,2 m/s dan 0,25 m/s berupa aliran turbulen. Pada pipa 4 didapatkan hasil dengan kecepatan 0,05 m/s, 0,1 m/s, 0,15 m/s, 0,2 m/s dan 0,25 m/s berupa aliran turbulen. Pada pipa 5 didapatkan hasil dengan kecepatan 0,05 m/s, 0,1 m/s, 0,15 m/s, 0,2 m/s dan 0,25 m/s berupa aliran turbulen.

Namun tidak semua hasil simulasi aliran dengan variasi kecepatan aliran fluida sesuai dengan nilai dari bilangan Reynold (Re). Berdasarkan bilangan Reynoldnya, bilangan dengan nilai dibawah 2100 merupakan aliran laminar, namun pada pipa 1 dengan kecepatan 0,1 m/s dan 0,15 m/s dan pada pipa 3 dengan kecepatan 0,05 m/s didapatkan hasil simulasi berupa aliran transisi serta pipa 4 dengan kecepatan 0,05 m/s didapatkan hasil simulasi berupa aliran turbulen. Pada nilai bilangan Reynold antara 2100 sampai 4000 merupakan aliran transisi, namun pada pipa 1 dengan kecepatan 0,2 m/s dan 0,25 m/s, pipa 3 dengan kecepatan 0,1 m/s, pipa 4 dengan kecepatan 0,05 m/s, serta pipa 5 dengan kecepatan 0,05 m/s didapatkan hasil simulasi berupa aliran turbulen. Bilangan Reynold (Re) dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan jenis aliran fluida pada pipa silinder karena data yang kurang akurat hanya sebagian kecil.

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Bilangan Reynold (Re) Untuk Menentukan Jenis Aliran Fluida Menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) Sebagai Rancangan Bahan Ajar di SMA”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan srata satu (S1) pada program studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan Matematika dan IPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA yang telah memberikan ijin untuk melakukan sidang skripsi;
2. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika yang telah memfasilitasi proses pengajuan judul skripsi;
3. Drs. Alex Harijanto, M.Si., selaku Pembimbing Utama, dan Dr. Sri Astutik, M.Si., selaku Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam membimbing skripsi ini;
4. Drs. Albertus Djoko Lesmono, M.Si., selaku Penguji Utama, dan Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., selaku Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran, kritik, dan masukkannya demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi kita semua.

Jember, April 2018
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Definisi Fluida	6
2.2 Karakteristik Aliran Fluida.....	6
2.3 Aliran Fluida	8
2.4 Bilangan Reynold	9
2.5 Sifat-sifat Umum Aliran Pada Pipa	10
2.6 Asas Kontinuitas	12
2.7 CFD (<i>Computational Fluid Dynamic</i>).....	13
2.8 Bahan Ajar	17
2.9 Rancangan Bahan Ajar Kontekstual	19

2.10 Rancangan Bahan Ajar Aliran Fluida Kontekstual Menggunakan CFD (<i>Computational Fluid Dynamic</i>)	20
BAB 3. METODE PENELITIAN	22
3.1 Jenis Penelitian	22
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.3 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel	22
3.4 Langkah-langkah Penelitian	24
3.5 Teknik Pengumpulan Data	28
3.6 Teknik Analisis Data	29
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Penelitian	31
4.2 Analisis Data	33
4.3 Pembahasan	56
BAB 5. PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN-LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

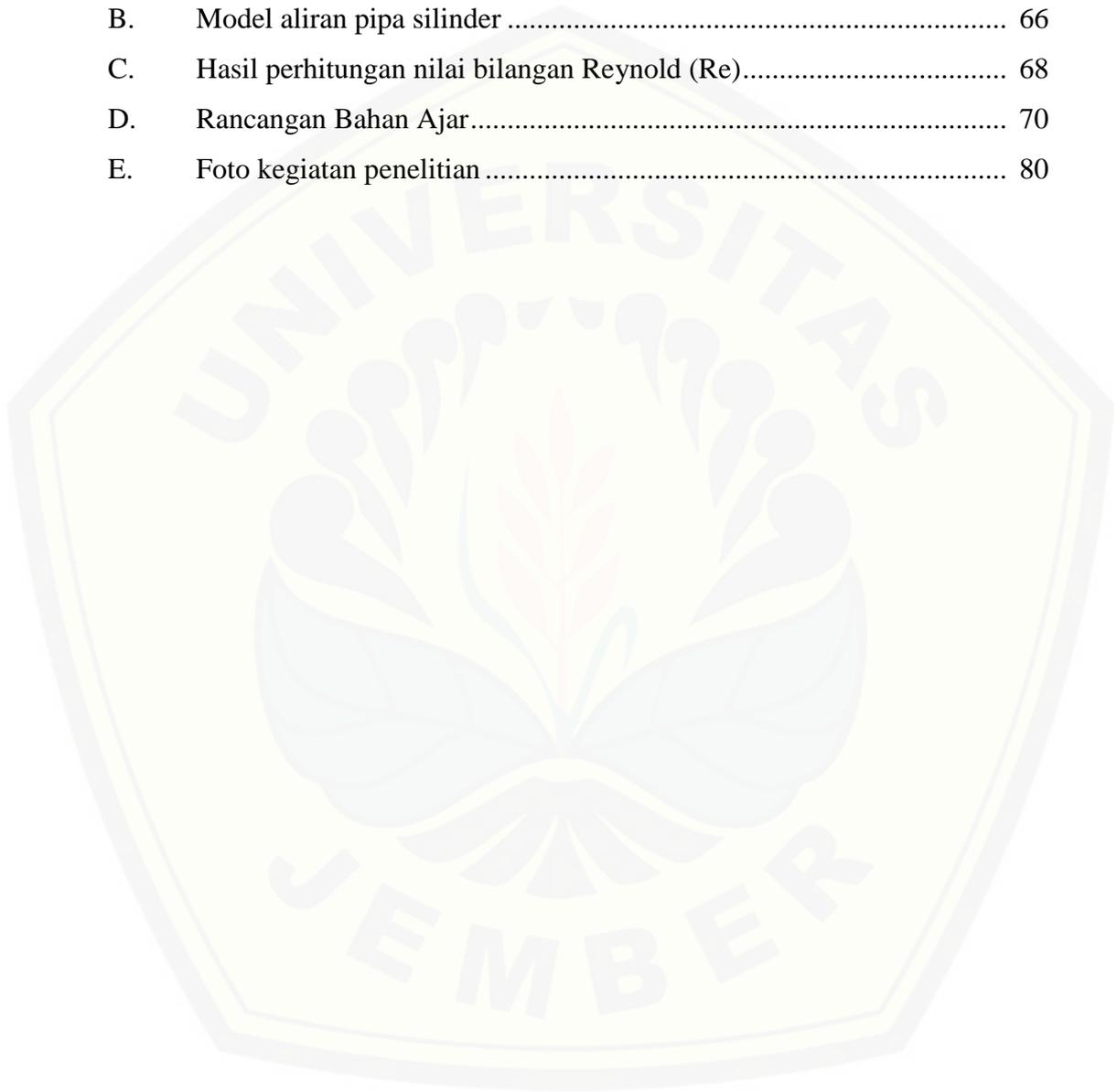
	Halaman
4.1 Data nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi diameter perintang dalam pipa pada kecepatan aliran fluida 0,1 m/s	31
4.2 Data nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi kecepatan aliran fluida pada diameter perintang dalam pipa 0,3 m	31
4.3 Data nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi kecepatan aliran fluida pada diameter perintang dalam pipa 0,5 m	32
4.4 Data nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi kecepatan aliran fluida pada diameter perintang dalam pipa 0,7 m	32
4.5 Data nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi kecepatan aliran fluida pada diameter perintang dalam pipa 0,9 m	32
4.6 Data nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi kecepatan aliran fluida pada diameter perintang dalam pipa 1 m	33

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 (a) Eksperimen untuk mengilustrasikan jenis aliran (b) guratan zat pewarna yang khas	10
2.2 Transisi dari aliran laminar menjadi turbulen di dalam sebuah pipa.....	11
3.1 Tahap penelitian	24
3.2 Model aliran pipa silinder	25
3.3 Parameter aliran fluida	26
3.4 Hasil simulasi aliran fluida.....	27
3.5 Skema rancangan bahan ajar kontekstual	30
4.1 Hubungan diameter perintang dalam pipa dengan bilangan Reynold pada kecepatan aliran fluida 0,1 m/s	33
4.2 Hasil simulasi dengan variasi diameter perintang dalam pipa	34
4.3 Hasil simulasi pada pipa 1 dengan waktu 100 sekon.....	37
4.4 Hubungan kecepatan aliran fluida dengan Bilangan Reynold pada pipa 1	40
4.5 Hasil simulasi pada pipa 2 dengan waktu 100 sekon.....	41
4.6 Hubungan kecepatan aliran fluida dengan Bilangan Reynold pada pipa 2.....	44
4.7 Hasil simulasi pada pipa 3 dengan waktu 100 sekon.....	45
4.8 Hubungan kecepatan aliran fluida dengan Bilangan Reynold pada pipa 3.....	48
4.9 Hasil simulasi pada pipa 4 dengan waktu 100 sekon.....	49
4.10 Hubungan kecepatan aliran fluida dengan Bilangan Reynold pada pipa 4.....	52
4.11 Hasil simulasi pada pipa 5 dengan waktu 100 sekon.....	53
4.12 Hubungan kecepatan aliran fluida dengan Bilangan Reynold pada pipa 5.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Matriks penelitian.....	64
B. Model aliran pipa silinder	66
C. Hasil perhitungan nilai bilangan Reynold (Re).....	68
D. Rancangan Bahan Ajar.....	70
E. Foto kegiatan penelitian	80



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fisika merupakan salah satu bagian ilmu pengetahuan alam (IPA) yang mempelajari sifat dan akibat dari fenomena-fenomena alam. Salah satu pelajaran IPA di SMA yaitu Fisika. Menurut Indrawati (2007), fisika merupakan ilmu yang banyak mendasari perkembangan ilmu teknologi, serta sebagai ilmu yang banyak digunakan untuk menganalisis sebagian besar peristiwa alam yang dipelajari dalam fisika. Fisika sangat berkaitan erat dengan kehidupan di alam dan teknologi terbaru serta tidak hanya menerangkan rumus-rumus yang rumit untuk dipahami.

Dalam pembelajaran di sekolah jarang di ajarkan tentang contoh penerapan konsep fisika dalam kehidupan sehari-hari, sehingga siswa merasa fisika merupakan pelajaran yang tidak bermanfaat setelah lulus nantinya (Sari *et al.*, 2013). Sebagian besar siswa menganggap fisika merupakan pelajaran yang sulit, karena terlalu banyak menggunakan rumus dan tidak berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Dengan kurikulum 2013 pembelajaran harus bersifat kontekstual, yaitu mengaitkan konsep pembelajaran dengan kehidupan sehari-hari. Menurut Depdiknas (2003: 5) pembelajaran fisika yang kontekstual merupakan konsep belajar yang membantu guru mengaitkan antara materi yang diajarkan dengan situasi dunia nyata siswa dan mendorong siswa untuk membuat hubungan antara pengetahuan yang dimiliki dengan penerapan kehidupan mereka dalam kehidupan masyarakat.

Penyebab lain kesulitan siswa dalam mempelajari fisika yaitu kurang menariknya bahan ajar yang digunakan dan terbatasnya materi yang disampaikan diberbagai buku teks yang tersedia. Sumber belajar berupa buku teks terbatas dan kurang menarik untuk dibaca atau ditelusuri oleh siswa (Tampubolon *et al.*, 2015). Oleh sebab itu, diperlukan adanya suatu bahan ajar yang menarik bagi siswa dan memuat materi yang cukup mendalam serta kontekstual dengan kehidupan di sehari-hari, sehingga lebih bermakna bagi siswa. Berdasarkan hasil

penelitian Oktaviani *et al.* (2017), terdapat pengaruh positif penggunaan bahan ajar fisika kontekstual dalam meningkatkan penguasaan konsep siswa.

Salah satu pembelajaran fisika di SMA yaitu tentang fluida. Suatu fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir (Halliday dan Resnick, 1999). Zat yang termasuk fluida yaitu zat cair dan gas. Fluida secara khusus didefinisikan sebagai zat yang berdeformasi terus menerus selama dipengaruhi suatu tegangan geser. Sebuah tegangan geser terbentuk apabila sebuah gaya tangensial bekerja pada sebuah permukaan. Fase cair dan gas tidak mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan untuk mengalir. Menurut Olson (1990) keduanya sering secara kolektif disebut sebagai fluida. Secara garis besar aliran fluida dapat dibedakan atau dikelompokkan menjadi aliran tunak (*steady*) dan aliran tidak tunak (*unsteady*). Selain itu juga terdapat jenis aliran fluida berdasarkan nilai bilangan Reynold yaitu aliran laminar, aliran transisi dan aliran turbulen.

Dalam buku yang berjudul “Buku Pintar Belajar Fisika” untuk SMA/MA kelas XI, pada bagian peta konsep telah menyebutkan jenis aliran fluida dan bilangan Reynold. Dalam buku tersebut telah membahas aliran stasioner (laminar) dan aliran turbulen, namun tidak dibahas secara detail dan sama sekali tidak menyebutkan bilangan Reynold. Beberapa buku lain yang sejenis juga telah menyebutkan jenis aliran stasioner (laminar) dalam menjelaskan fluida ideal. Secara umum, buku-buku yang ada telah menyebutkan salah satu jenis aliran fluida yaitu aliran laminar, namun tidak dijelaskan bahwa aliran laminar ditentukan berdasarkan nilai dari bilangan Reynold.

Siswa penting untuk mengetahui bilangan Reynold, karena siswa yang diajarkan mengenai fluida ideal harus mengerti tentang aliran laminar. Selama ini siswa hanya diajarkan mengenai aliran laminar atau aliran turbulen tanpa memperhitungkan bilangan Reynold. Padahal bilangan Reynold merupakan bilangan tak berdimensi yang digunakan untuk menentukan jenis aliran tersebut termasuk aliran laminar atau aliran turbulen. Dengan memahami bilangan Reynold, siswa dapat lebih mudah memahami jenis aliran fluida yaitu aliran laminar maupun aliran turbulen.

Selain memahami jenis aliran fluida berdasarkan nilai bilangan Reynold, siswa juga penting untuk mengetahui bentuk aliran fluida untuk membedakan aliran lamier dan aliran turbulen. Selama ini disekolah tidak pernah diajarkan mengenai bentuk aliran fluida. Untuk mengetahui bentuk aliran fluida tersebut, dibutuhkan adanya suatu media yang mendukung siswa dalam memahami tidak hanya secara teori namun dapat melihat dan mencoba secara langsung. Hal ini sesuai dengan kurikulum 2013 yang menekankan pada kejadian yang lebih kontekstual.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, solusi yang selama ini dilakukan hanya dengan menerapkan model-model pembelajaran, seperti yang dilakukan oleh Fitriah (2011) yang berjudul “Pengaruh Model Pembelajaran *Numbered Head Together* (NHT) Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Pada Konsep Fluida Dinamis”. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Risnawati *et. al* (2013) juga masih menggunakan model pembelajaran namun sudah disertai dengan modul yang berjudul “Efektivitas Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Berbasis Fisika Outdoor Dengan Menggunakan Modul Kontekstual Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa Pada Materi Fluida Dinamis”.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka untuk mengatasinya diperlukan adanya suatu media yang dapat merepresentasikan suatu aliran fluida. Media ini juga berguna untuk membantu dan mempermudah siswa dalam mempelajari materi pembelajaran. Kurang tepatnya dalam model yang selama ini digunakan dapat menimbulkan kesulitan siswa dalam memahami materi pembelajaran. Untuk itu cara yang diharapkan dapat membantu siswa dalam memahami konsep fisika khususnya pada konsep aliran fluida yaitu CFD (*computational fluida dynamic*) yang akan memberikan kesempatan kepada siswa untuk mensimulasikan aliran fluida.

CFD (*Computational fluid dynamics*) adalah sekumpulan metodologi yang menggunakan komputer untuk melakukan simulasi aliran fluida secara numerik. CFD (*computational fluida dynamic*) digunakan dalam menyelesaikan persamaan Navier-Stokes secara numeric. CFD (*Computational fluid dynamics*) atau disebut juga sebagai dinamika fluida komputasi dapat dibagi menjadi dua istilah, yaitu

computational dan *fluid dynamics*. *Fluid dynamics* membahas dinamika fluida (sifat-sifat aliran fluida dan transfer panas), sedangkan istilah *computational* membahas tentang dinamika fluida dihitung dan disimulasikan dengan seperangkat metode numerik dengan bantuan komputer.

Kata ‘simulasi’ mengindikasikan bahwa menggunakan komputer untuk menyelesaikan sekumpulan hukum atau persamaan-persamaan fisis yang mengatur peristiwa pergerakan fluida di mana geometrinya telah dimodelkan dengan bantuan komputer. Dengan CFD (*computational fluida dynamic*) dapat dibangun prototipe, dianalisa, dievaluasi, serta dioptimasi suatu sistem semisal blok mesin, pesawat terbang, terowongan angin, sistem perpipaan, dan lain sebagainya.

Bedasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan pengkajian dengan cara pengambilan data langsung sebagai bahan masukan dalam pembelajaran aliran fluida di SMA. Adapun judul penelitian tersebut adalah **“Analisis Bilangan Reynold (Re) untuk Menentukan Jenis Aliran Fluida Menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) sebagai Rancangan Bahan Ajar di SMA”**

1.2 Rumusan Masalah

Bedasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana analisis nilai bilangan Reynold (Re) untuk menentukan jenis aliran fluida menggunakan CFD (*computational fluida dynamic*)?
- b. Bagaimana rancangan bahan ajar fisika berdasarkan analisis nilai bilangan Reynold (Re) untuk menentukan jenis aliran fluida menggunakan CFD (*computational fluida dynamic*) ?

1.3 Tujuan Penelitian

Bedasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui nilai bilangan Reynold (Re) untuk menentukan jenis aliran fluida menggunakan CFD (*computational fluida dynamic*).

- b. Membuat rancangan bahan ajar fisika berdasarkan analisis nilai bilangan Reynold (Re) untuk menentukan jenis aliran fluida menggunakan CFD (*computational fluida dynamic*).

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pipa yang digunakan adalah pipa silinder.
- b. Aplikasi CFD yang digunakan adalah simufluida (beta).
- c. Aliran fluida merupakan aliran tunak, tak berolak (*irrational*), tak termampatkan (*incompressible*), dan tak kental (*nonviscous*).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagi peneliti, sebagai wacana dan pengetahuan baru mengenai disiplin ilmu yang ditekuni dalam mengembangkan potensi diri menuju persaingan global.
- b. Bagi tenaga pendidik, sebagai sarana menambah wawasan dan informasi tentang pembelajaran fisika yang kontekstual.
- c. Bagi peneliti lain, sebagai sarana menambah wawasan dan referensi tentang analisis aliran fluida menggunakan media komputasi sebagai rancangan bahan ajar di SMA.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Fluida

Aliran fluida atau zat cair (termasuk uap air dan gas) dibedakan dari benda padat karena kemampuannya untuk mengalir. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida jauh lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Zat padat mempertahankan suatu bentuk dan ukuran yang tetap, sekalipun suatu gaya yang besar diberikan pada zat padat tersebut, zat padat tidak mudah berubah bentuk maupun volumenya, sedangkan zat cair dan gas, zat cair tidak mempertahankan bentuk yang tetap, zat cair mengikuti bentuk wadahnya dan volumenya dapat diubah hanya jika diberikan padanya gaya yang sangat besar. Gas tidak mempunyai bentuk maupun volume yang tetap, gas akan berkembang mengisi seluruh wadah. Karena fase cair dan gas tidak mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan untuk mengalir. Dengan demikian kedua – duanya sering secara kolektif disebut sebagai fluida (Olson dan Wright, 1990).

Sifat fluida mengalir (bergerak) sangat kompleks sehingga rumit untuk dianalisis. Agar lebih sederhana, fluida mengalir dianggap sebagai fluida ideal. Sifat fluida ideal adalah:

- a. Tidak dapat dimampatkan (tak kompresibel)
- b. Antar bagiannya dan dengan benda lain (dinding penampang) tidak mengalami gesekan
- c. Alirannya tunak dan lurus searah penampangannya. Aliran fluida dikatakan tunak jika kecepatan setiap titik fluida konstan pada saat melalui tempat yang sama.

(Purwanto, 2007: 233)

2.2 Karakteristik Aliran Fluida

Menurut Halliday dan Resnick (1999, 579-580), karakteristik umum aliran fluida adalah sebagai berikut:

- a. Aliran fluida dapat merupakan aliran tunak (*steady*) dan tak tunak (*non-steady*). Bila kecepatan aliran fluida v di setiap titik yang diberikan adalah konstan di dalam waktu, maka gerak fluida tersebut dikatakan aliran tunak. Yakni, di setiap titik yang diberikan di dalam aliran tunak maka kecepatan setiap partikel fluida yang lewat adalah selalu sama. Di suatu titik yang lain sebuah partikel dapat berjalan dengan kecepatan yang berbeda, tetapi tiap-tiap partikel yang lewat melalui titik kedua ini berperilaku di titik tersebut persis seperti perilaku partikel ini ketika melewati titik ini. Kondisi-kondisi ini dapat dicapai pada laju aliran yang rendah, arus yang mengalir dengan tenang adalah contohnya. Di dalam aliran tak tunak, seperti di dalam gelombang aliran pasang, kecepatan v adalah sebuah fungsi dari waktu. Di dalam kasus aliran bergolak, seperti penderasan (*rapids*) atau air terjun, kecepatan-kecepatan berubah secara tak menentu dari titik ke titik maupun dari waktu ke waktu.
- b. Aliran fluida dapat merupakan aliran berolak (*rotational*) atau tak berolak (*irrotational*). Jika setiap elemen fluida di setiap titik tidak mempunyai kecepatan sudut netto terhadap titik tersebut, maka aliran fluida tersebut adalah aliran tak berolak. Kita dapat membayangkan sebuah kincir air yang kecil yang di celupkan di dalam fluida yang bergerak. Jika kincir tersebut bergerak tanpa berotasi, maka gerak tersebut adalah tak berolak; jika tidak maka gerak tersebut adalah berolak. Gerak vortex, seperti pusaran air adalah gerak yang termasuk ke dalam aliran berolak.
- c. Aliran fluida dapat termampatkan (*compressible*) atau tak termampatkan (*incompressible*). Cairan, cairan biasanya dapat ditinjau sebagai yang mengalir secara tak termampatkan. Tetapi malah suatu gas yang sangat termampatkan pun kadang-kadang dapat mengalami perubahan-perubahan massa jenis yang tak penting. Maka aliran gas tersebut secara praktis adalah tak termampatkan. Di dalam penerbangan yang lajunya jauh lebih rendah dari pada laju bunyi di dalam udara (yang dijelaskan oleh aerodinamika subsonik), maka gerak udara relatif kepada sayap-sayap adalah suatu aliran yang hampir tak termampatkan. Di dalam kasus-kasus seperti itu maka massa jenis ρ adalah sebuah konstanta,

yang tak tergantung dari x , y , z , dan t , dan dengan demikian maka pembahasan aliran fluida secara matematis akan sangat disederhanakan.

- d. Akhirnya, aliran fluida dapat merupakan aliran kental (*viscous*) atau tak kental (*nonviscpus*). Viskositas gerak fluida adalah analogi dari gesekan di dalam gerak benda padat. Di dalam banyak kasus, seperti persoalan pelumasan, viskositas tersebut adalah sangat penting. Akan tetapi, kadang-kadang viskositas tersebut dapat diabaikan. Viskositas memperkenalkan gaya-gaya tangensial di antara lapisan-lapisan fluida di dalam gerak relatif dan mengakibatkan disipasi tenaga mekanis.

(Halliday dan Resnick, 1999)

2.3 Aliran Fluida

a. Aliran laminar

Aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan – lapisan, atau lamina – lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar . Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecendrungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan. Pada aliran laminer, tiap-tiap partikel fluida mengikuti sebuah lintasan yang mulus, disebut streamline (lajur arus), dan lintasan-lintasan ini tidak memotong satu sama lain (Giancoli, 2014). Sehingga aliran laminar memenuhi hukum viskositas Newton yaitu:

$$\tau = \mu \frac{dx}{dy} \quad (2.1)$$

Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan Reynoldsnnya kurang dari 2300 ($Re < 2300$).

b. Aliran Turbulen

Aliran dimana pergerakan dari partikel – partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian – kerugian aliran. Dimana nilai bilangan Renoldsnnya lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$).

c. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut geometri aliran dimana nilai bilangan Reynoldnya antara 2300 sampai dengan 4000 ($2300 < Re < 4000$).

2.4 Bilangan Reynold

Dalam mekanika fluida, bilangan Reynold adalah rasio antara gaya inersia ($v.s.\rho$) terhadap gaya viskos (μ/L) yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini untuk mengidentifikasi jenis aliran fluida, yaitu laminar, turbulen atau transisi. Ada tiga vektor yang mempengaruhi keadaan aliran yaitu kekentalan, rapat massa zat cair, dan diameter pipa (Nurcholis, 2008). Namanya diambil dari Osborn Reynold (1842-1912) yang mengusulkannya pada tahun 1983.

$$Re = \frac{v D \rho}{\mu} \quad (2.2)$$

Dimana: v = kecepatan rata-rata fluida yang mengalir (m/s)

D = diameter (m)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/m.s)

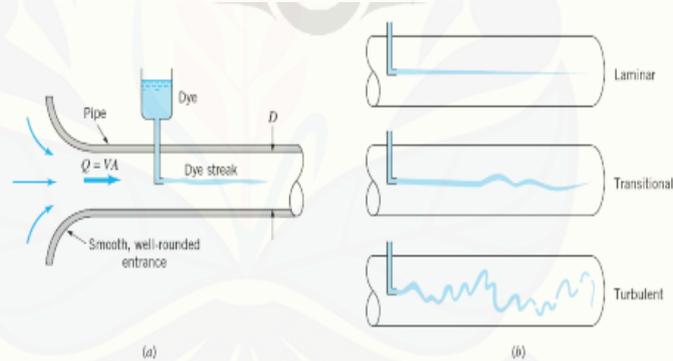
Bilangan Reynold merupakan salah satu bilangan tak berdimensi yang berfungsi untuk menentukan bentuk aliran fluida serta posisi relatifnya pada skala yang menunjukkan pentingnya secara relatif kecenderungan turbulen terhadap kecenderungan laminar. Reynold menemukan bahwa aliran selalu menjadi laminar bila kecepataannya diturunkan sedemikian sehingga Re lebih kecil dari 2000. Untuk instalasi pipa biasa, aliran akan berubah dari laminar menjadi turbulen dalam daerah bilangan Re dari 2000 sampai 4000. Bilangan Re yang besar menunjukkan aliran yang sangat turbulen dengan kerugian yang sebanding dengan kuadrat kecepatan. Dalam aliran laminar kerugian berbanding lurus dengan kecepatan rata-rata. Pola aliran tergantung dari bilangan Reynold dan ada

empat pola aliran yang terjadi yaitu *open anular flow*, *closed anular*, *vortex shedding*, dan *stable central flow* (Muhajir, 2009).

2.5 Sifat-Sifat Umum Aliran Pada Pipa

2.5.1 Aliran Laminar Dan Aliran Turbulen

Aliran fluida di dalam sebuah pipa dapat merupakan aliran laminar atau aliran turbulen. Osborne Reynold (1842-1912), ilmuwan dan ahli matematika inggris adalah orang yang pertama kali membedakan dan mengklasifikasikan dua aliran ini dengan menggunakan peralatan sederhana seperti yang di tunjukkan pada gambar 2.1. aliran laminar terjadi pada partikel-partikel (massa molar yang kecil) fluida bergerak dalam lintasan-lintasan yang sangat tidak teratur, yang mengakibatkan pertukaran momentum dari satu bagian ke bagian lainnya. Turbulensi membangkitkan tegangan geser yang lebih besar di seluruh fluida dan mengakibatkan ketakmampubalikan (*irreversibilitas*) atau kerugian.



Gambar 2.1 (a) Eksperimen untuk mengilustrasikan jenis aliran (b) guratan zat pewarna yang khas (Sumber: Munson, 2002)

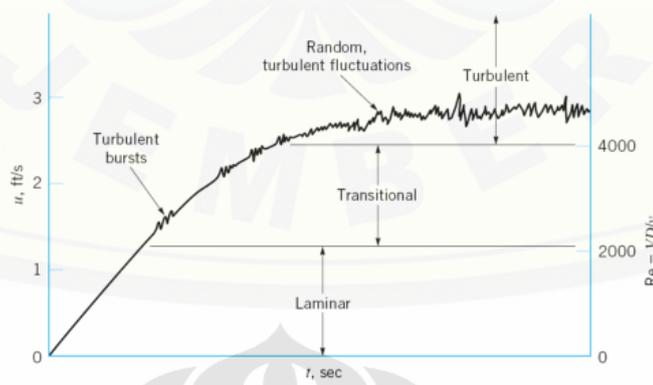
Kecenderungan kearah ketidakstabilan dan turbulensi di redam habis oleh gaya-gaya viskos yang memberikan tahanan terhadap gerakan relatif lapisan-lapisan fluida yang bersebelahan. Aliran laminar mengikuti hukum Newton tentang tegangan viskositas, yang menghubungkan tegangan geser dengan laju perubahan bentuk sudut. Aliran laminar tidak stabil dalam situasi yang menyangkut gabungan viskositas yang rendah, kecepatan yang tinggi, atau laluan aliran yang besar, serta berubah menjadi lairan turbulen. Sifat pokok aliran, yaitu laminar atau turbulen serta posisi relatifnya

pada skala yang menunjukkan pentingnya secara relatif kecenderungan turbulen terhadap kecenderungan laminar ditunjukkan oleh bilangan Reynold.

Dalam aliran turbulen, partikel-partikel fluida bergerak dalam lintasan yang sangat tidak teratur, dengan mengakibatkan pertukaran momentum dari satu bagian fluida ke bagian lainnya. Aliran turbulen dapat berskala kecil yang terdiri dari sejumlah besar pusaran-pusaran kecil yang cepat mengubah energi mekanik menjadi ketidakmampuan melalui kerja viskos, atau dapat berskala besar seperti vortex-vortex dan pusaran-pusaran yang besar di sungai atau hampasan udara. Pada umumnya, intensitas turbulensi meningkat dengan meningkatnya bilangan Reynold (Karyono, 2008).

2.5.2 Transisi Dari Aliran Laminar Menuju Aliran Turbulen

Aliran diklasifikasikan menjadi aliran laminar atau aliran turbulen. Parameter bilangan Reynold atau bilangan Mach tergantung pada situasi aliran spesifik. Misalnya, aliran di dalam sebuah pipa dan aliran sepanjang pelat datar dapat laminar atau turbulen, tergantung pada nilai bilangan Reynold yang terlibat. Untuk aliran laminar bilangan Reynold harus kurang dari 2100 sedangkan untuk aliran turbulen yaitu lebih besar dari kira-kira 4000. Aliran sepanjang pelat datar transisi antar laminar dan turbulen terjadi pada bilangan Reynold kira-kira 500.000, dimana suku panjang dalam bilangan Reynold adalah jarak yang diukur dari ujung muka (*leading edge*) pelat tersebut.



Gambar 2.2 Transisi dari aliran laminar menjadi turbulen di dalam sebuah pipa (Sumber: Munson, 2002)

Aliran sepanjang pipa mula-mula terisi fluida dalam keadaan diam, ketika katup dibuka untuk memulai aliran, kecepatan aliran dan bilangan Reynold meningkat dari nol (tidak ada aliran) sampai nilai maksimum alirannya tunak seperti pada gambar 2.2. Diasumsikan bahwa proses transien ini cukup lambat sehingga efek tak tunak dapat diabaikan (aliran kuasitunak). Selama periode awal, bilangan Reynold cukup kecil untuk terjadinya aliran laminar. Setelah beberapa saat, bilangan Reynold mencapai 2100 dan aliran memulai transisinya menuju kondisi turbulen. Letupan terputus-putus turbulensi (*burst of turbulence*) muncul. Dengan meningkatnya bilangan Reynold seluruh aliran menjadi turbulen. Aliran tetap turbulen selama bilangan Reynold melampaui kira-kira 4000. Sifat alamiah yang tidak beraturan dan acak adalah ciri khas dari aliran turbulen. Karakter dari banyak sifat penting aliran tersebut (penurunan tekanan, perpindahan kalor, dan lain-lain) sangat bergantung pada keberadaan dari sifat alamiah dari fluktuasi atau keacakan turbulen yang ditunjukkan (Karyono, 2008).

2.5.3 Tekanan dan Tegangan Geser

Beda tekanan ($\Delta p = p_2 - p_1$) antara satu bagian pipa horizontal mendorong fluida mengalir melewati pipa. Efek viskos memberikan efek gaya penghambat sehingga mengimbangi gaya tekan, jika efek viskos tidak ada dalam aliran, tekanan akan konstan di seluruh pipa. Dalam daerah aliran yang tidak berkembang penuh, seperti pada daerah masuk sebuah pipa, fluida mengalami percepatan atau perlambatan selagi mengalir (profil kecepatan berubah dari profil seragam pada bagian masuk pipa menjadi profil berkembang penuhnya pada ujung akhir daerah masuk), pada daerah masuk terdapat keseimbangan antara gaya-gaya tekanan, viskos, dan inersia (percepatan). Hasilnya adalah distribusi sepanjang pipa horizontal. Besarnya gradien tekanan tersebut merupakan sebuah konstanta, $\frac{\partial p}{\partial x} = -\frac{\Delta p}{l} < 0$. Sifat alamiah aliran pipa sangat tergantung apakah aliran tersebut laminar atau turbulen.

2.6 Asas Kontinuitas

Penghasilan aliran atau dengan sebutan debit adalah sejumlah zat cair yang mengalir pada tiap satuan waktu sepanjang bagian dari alirannya, bisa dinyatakan dalam volume unit, berat atau massa unit. Jika pada pipa yang dialiri

fluida tidak bocor sehingga tidak ada fluida yang meninggalkan pipa atau fluida dari luar yang masuk ke dalam pipa maka berlaku hukum kekekalan massa.

Volume fluida yang melewati titik 1 (yaitu, menembus bidang penampang A_1) dalam waktu Δt adalah $A_1\Delta l_1$, dimana Δl_1 adalah jarak perpindahan (jarak tempuh) fluida selama waktu Δt . Karena kecepatan fluida bergerak (mengalir) melewati titik 1 adalah $v_1 = \Delta l_1/\Delta t$, laju aliran massa $\Delta m_1/\Delta t$ menembus bidang seluas A_1 adalah:

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta t} = \frac{\rho_1 \Delta V_1}{\Delta t} = \frac{\rho_1 A_1 \Delta l_1}{\Delta t} = \rho_1 A_1 v_1 \quad (2.3)$$

dimana $\Delta V_1 = A_1 \Delta l_1$ adalah sebuah volume bermassa Δm_1 , dan ρ_1 adalah densitas fluida. Serupa itu, pada titik 2 (melewati bidang penampang seluas A_2), laju aliran fluida adalah $\rho_2 A_2 v_2$. Karena tidak ada fluida yang mengalir masuk atau keluar dari sisi-sisi pipa, laju aliran menembus A_1 dan laju aliran menembus A_2 harus sama besarnya. Sehingga

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta t} = \frac{\Delta m_2}{\Delta t} \text{ dan } \rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad (2.4)$$

Jika fluidanya tidak dapat dimampatkan (*incompressible*) (ρ tidak ikut berubah bersama perubahan tekanan), yang merupakan aproksimasi yang amat baik bagi zat cair dalam sebagian besar kasus (dan terkadang juga untuk zat gas), maka $\rho_1 = \rho_2$, dan persamaan kontinuitas menjadi

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2.5)$$

(Giancoli, 2014: 343)

2.7 CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

Dalam aplikasinya, aliran fluida baik cair maupun gas adalah suatu zat yang sangat kentara dengan kehidupan sehari – hari. Misalnya pengondisian udara bagi bangunan dan mobil, pembakaran di motor bakar dan sistem propulsi, interaksi berbagai objek dengan udara atau air, aliran kompleks pada penukar panas dan reactor kimia, dan lain sebagainya, yang mana cukup menarik untuk diteliti, diselidiki dan dianalisis. Untuk kebutuhan penelitian tersebut bahkan sampai dengan tingkat desain, perlu dibutuhkan suatu alat yang mampu menganalisis atau memprediksi dengan cepat dan akurat. Maka berkembanglah

suatu ilmu yang dinamakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang dalam bahasa Indonesia dikenal dengan Komputasi Aliran Fluida Dinamik.

2.7.1 Pengertian CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

Secara umum CFD (*Computational Fluid Dynamics*) terdiri dari dua kata yaitu sebagai berikut:

- a. *Computational*: segala sesuatu yang berhubungan dengan matematika dan metode numerik atau komputasi.
- b. *Fluid Dynamics*: dinamika dari segala sesuatu yang mengalir.

Ditinjau dari istilah di atas, maka CFD (*Computational Fluid Dynamics*) bisa berarti suatu teknologi komputasi yang memungkinkan untuk mempelajari dinamika dari benda – benda atau zat yang mengalir. Maka secara definisi, CFD (*Computational Fluid Dynamics*) adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, dan fenomena lainnya dengan menyelesaikan persamaan–persamaan matematika (model matematika).

CFD (*Computational Fluid Dynamics*) merupakan program komputer perangkat lunak untuk memprediksi dan menganalisis secara kuantitatif aliran fluida, perpindahan panas, transpor fenomena dan reaksi kimia (Al- Kindi, 2015). Analisis aliran fluida dalam suatu sistem dengan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) merupakan analisis numerik dengan kontrol volume sebagai elemen dari integrasi persamaan-persamaan, yang terdiri dari persamaan keseimbangan massa, momentum dan energi (Versteeg and Malalasekara, 2007). Pada dasarnya, persamaan–persamaan pada fluida dibangun dan dianalisis berdasarkan persamaan–persamaan diferensial parsial atau dikenal dengan istilah PDE (*Partial Differential Equation*) yang mempresentasikan hukum–hukum kekekalan massa (kontinuitas), momentum dan energi yang diubah kedalam bentuk numerik (persamaan linear) dengan teknik diskritisasi.

Pengembangan sebuah *software* CFD (*Computational Fluid Dynamics*) mampu mensimulasikan aliran fluida, perpindahan panas, perpindahan massa, benda–benda bergerak, aliran multifasa, reaksi kimia, interaksi fluida dan struktur, dan sistem akustik hanya dengan permodelan di komputer. Dengan menggunakan *software* ini dapat dibuat *virtual prototype* dari sebuah sistem atau

alat yang ingin dianalisa dengan menerapkan kondisi nyata di lapangan. Dengan menggunakan *software* CFD (*Computational Fluid Dynamics*) akan didapatkan data–data, gambar–gambar, atau kurva–kurva yang menunjukkan prediksi dari performansi keandalan sistem yang akan didesain. Akurasi hasil simulasi dengan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) tergantung pada *source code software*, pemahaman fenomena fisik, penentuan syarat batas, dan pemilihan metode diskretisasi (Sepfitrah dan Rizal, 2013).

Menurut Xia dan Sun (2002) keuntungan menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) antara lain:

- a. Memberikan pemahaman rinci tentang distribusi aliran, kekurangan berat, pindah panas dan massa, pemisahan partikulat dan lain-lain sehingga dapat memberikan perencanaan rancang bangun yang lebih baik.
- b. Memungkinkan untuk mengevaluasi perubahan geometrik dengan sedikit waktu dan biaya.
- c. Dapat menjawab banyaknya pertanyaan “bagaimana kalau” dalam waktu singkat.
- d. Mengurangi masalah peningkatan skala karena model berdasarkan dari fisika dasar dan skala yang independen.
- e. Sangat berguna dalam kondisi simulasi dimana tidak mungkin untuk mengambil pengukuran inci, seperti suhu tinggi atau lingkungan yang berbahaya dalam oven.
- f. Dapat mengetahui akar penyebab bukan hanya efek saat evaluasi masalah dalam perencanaan.

2.7.2 Penggunaan CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

Dalam aplikasinya CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dapat dipergunakan bagi :

- a. Arsitek untuk mendesain ruang atau lingkungan yang aman dan nyaman.
- b. Desainer kendaraan untuk meningkatkan karakter aerodinamiknya.
- c. Analisis kimia untuk memaksimalkan hasil dari reaksi kimia dalam peralatan.
- d. Bidang petrokimia untuk strategi optimal dari *oil recovery*.

- e. Bidang kedokteran untuk mengobati penyakit arterial (*computational hemodynamics*)
- f. Meteorologis untuk meramalkan cuaca dan memperingatkan akan terjadinya bencana alam.
- g. Analisis *failure* untuk mencari sumber – sumber kegagalan misalnya pada suatu sistem pembakaran atau aliran uap panas.
- h. Organisasi militer untuk mengembangkan senjata dan mengestimasi seberapa besar kerusakan yang diakibatkannya.

Penggunaan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) umumnya berhubungan dengan keempat hal berikut :

- a. Studi konsep dari desain baru
- b. Pengembangan produk secara detail
- c. Analisis kegagalan atau *troubleshooting*
- d. Desain ulang (*redesign*)

2.7.3 Manfaat CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

Ditinjau dari segi manfaat terdapat tiga hal yang merupakan alasan kuat kenapa harus menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*), yakni : *insight, foresight, dan efficiency.*

a. *Insight* – Pemahaman Mendalam

Apabila dalam mendesain sebuah system atau alat yang sulit untuk dibuat *prototype*-nya atau sulit untuk dilakukan pengujian, analisis CFD (*Computational Fluid Dynamics*) memungkinkan untuk digunakan secara virtual ke dalam alat/system yang dapat disaksikan melalui CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang belum tentu dapat dilihat dengan cara lainnya.

b. *Foresight* – Prediksi Menyeluruh

Dikarenakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) adalah alat untuk memprediksi apa yang akan terjadi pada alat/system yang didesain dengan satu atau lebih kondisi batas, maka dapat ditentukan desain yang optimal.

c. *Efficiency* – Efisiensi Waktu dan Biaya

Foresight yang diperoleh dari CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dapat membantu untuk mendesain lebih cepat dan lebih hemat biaya. Analisis/simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) akan memperpendek waktu riset dan desain sehingga juga akan mempercepat produk untuk sampai ke pasaran.

2.8 Bahan Ajar

2.8.1 Pengertian Bahan Ajar

Bahan ajar adalah seperangkat sarana atau alat pembelajaran yang berisikan materi pembelajaran, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang didesain secara sistematis dan menarik dalam rangka mencapai tujuan yang diharapkan, yaitu mencapai kompetensi atau subkompetensi dengan segala kompleksitasnya (Lestari, 2013:1). Bahan atau materi pembelajaran pada dasarnya adalah “isi” dari kurikulum, yakni berupa mata pelajaran atau bidang studi dengan topik/subtopik dan rinciannya (Ruhimat, 2011:152).

Bahan ajar dapat diartikan bahan-bahan atau materi pelajaran yang disusun secara lengkap dan sistematis berdasarkan prinsip-prinsip pembelajaran yang digunakan guru dan siswa dalam proses pembelajaran. Bahan ajar bersifat sistematis artinya disusun secara urut sehingga memudahkan siswa belajar. Di samping itu bahan ajar juga bersifat unik dan spesifik. Unik maksudnya bahan ajar hanya digunakan untuk sasaran tertentu dan dalam proses pembelajaran tertentu, dan spesifik artinya isi bahan ajar dirancang sedemikian rupa hanya untuk mencapai kompetensi tertentu dari sasaran tertentu.

Dalam kegiatan pembelajaran bahan ajar sangat penting artinya bagi guru dan siswa. Guru akan mengalami kesulitan dalam meningkatkan efektivitas pembelajarannya jika tanpa disertai bahan ajar yang lengkap. Begitu pula bagi siswa, tanpa adanya bahan ajar siswa akan mengalami kesulitan dalam belajarnya. Hal tersebut diperparah lagi jika guru dalam menjelaskan materi pembelajarannya cepat dan kurang jelas.

2.8.2 Karakteristik Bahan Ajar

Sesuai dengan penulisan modul yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2003, bahan ajar memiliki beberapa karakteristik, yaitu *self instructional*, *self contained*, *stand alone*, *adaptive*, dan *user friendly* (Lestari, 2013 : 2).

- a. *Self instructional* yaitu bahan ajar dapat membuat siswa mampu membelajarkan diri sendiri dengan bahan ajar yang dikembangkan. Untuk memenuhi karakter *self instructional*, maka di dalam bahan ajar harus terdapat tujuan yang dirumuskan dengan jelas, baik tujuan akhir maupun tujuan antara. Selain itu, dengan bahan ajar akan memudahkan siswa belajar secara tuntas dengan memberikan materi pembelajaran yang dikemas ke dalam unit-unit atau kegiatan yang lebih spesifik.
- b. *Self contained* yaitu seluruh materi pelajaran dari satu unit kompetensi atau subkompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu bahan ajar secara utuh. Jadi sebuah bahan ajar haruslah memuat seluruh bagian-bagiannya dalam satu buku secara utuh untuk memudahkan pembaca mempelajari bahan ajar tersebut.
- c. *Stand alone* (berdiri sendiri) yaitu bahan ajar yang dikembangkan tidak tergantung pada bahan ajar lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan bahan ajar lain. Artinya sebuah bahan ajar dapat digunakan sendiri tanpa bergantung dengan bahan ajar lain.
- d. *Adaptive* yaitu bahan ajar hendaknya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi. Bahan ajar harus memuat materi-materi yang sekiranya dapat menambah pengetahuan pembaca terkait perkembangan zaman atau lebih khususnya perkembangan ilmu dan teknologi.
- e. *User friendly* yaitu setiap intruksi dan paparan informasi yang tampil bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainya, termasuk kemudahan pemakai dalam merespon dan mengakses sesuai dengan keinginan. Jadi bahan ajar selayaknya hadir untuk memudahkan pembaca untuk mendapat informasi dengan sejelas-jelasnya.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan bahan ajar yang mampu membuat siswa untuk belajar mandiri dan memperoleh ketuntasan dalam proses pembelajaran sebagai berikut.

- a. Memberikan contoh-contoh dan ilustrasi yang menarik dalam rangka mendukung pemaparan materi pembelajaran.
- b. Memberikan kemungkinan bagi siswa untuk memberikan umpan balik atau mengukur penguasaannya terhadap materi yang diberikan dengan memberikan soal-soal latihan, tugas dan sejenisnya.
- c. Kontekstual, yaitu materi yang disajikan terkait dengan suasana atau konteks tugas dan lingkungan siswa.
- d. Bahasa yang digunakan cukup sederhana karena siswa hanya berhadapan dengan bahan ajar ketika belajar secara mandiri.

2.9 Rancangan Bahan Ajar Kontekstual

Pembelajaran kontekstual atau *contextual teaching learning* (CTL) adalah pembelajaran yang memungkinkan para siswa mampu menguatkan, memperluas dan menerapkan pengetahuan dan ketrampilan akademik mereka dalam berbagai macam tatanan dalam sekolah maupun luar sekolah, agar dapat memecahkan masalah-masalah dunia nyata atau masalah yang disimulasikan. Sedangkan menurut Trianto (2007: 101) pengajaran dan pembelajaran kontekstual merupakan suatu konsepsi yang membantu guru mengaitkan konten mata pelajaran dengan situasi dunia nyata dan memotivasi siswa membuat hubungan antara pengetahuan dan penerapannya dalam kehidupan mereka sebagai anggota keluarga, warga negara dan tenaga kerja. Menurut Nurhadi (2004: 31) penerapan pembelajaran kontekstual di dalam kelas harus berdasarkan tujuh komponen utama, yaitu: konstruktivisme (*constructivism*), bertanya (*questioning*), menemukan (*inquiry*), masyarakat belajar (*learning community*), pemodelan (*modeling*), refleksi (*reflection*), dan penilaian sebenarnya (*authentic assessment*). Jika suatu kelas menerapkan tujuh komponen tersebut maka dapat dikatakan bahwa kelas tersebut menggunakan pendekatan kontekstual.

Bahan ajar dengan pendekatan kontekstual adalah lembaran-lembaran yang berisi petunjuk belajar atau langkah-langkah kegiatan belajar bagi siswa untuk menemukan/memperoleh pengetahuan dari materi yang sedang dipelajari menggunakan konsep pembelajaran yang menekankan pada keterkaitan antara materi pembelajaran dengan dunia kehidupan siswa secara nyata, sehingga para siswa mampu menghubungkan dan menerapkan kompetensi hasil belajar dalam kehidupan sehari-hari. Melalui proses penerapan kompetensi hasil belajar dalam kehidupan sehari-hari, siswa akan merasakan pentingnya belajar, dan mereka memperoleh makna yang mendalam terhadap apa yang dipelajarinya. Bahan ajar dengan pendekatan kontekstual memungkinkan proses belajar yang tenang dan menyenangkan, karena pembelajaran yang dilakukan secara alamiah, sehingga siswa dapat mempraktekkan secara langsung apa yang dipelajarinya.

2.10 Rancangan Bahan Ajar Aliran Fluida kontekstual menggunakan CFD (*Computational Fluida Dynamic*)

Bahan ajar aliran fluida kontekstual adalah lembaran-lembaran yang berisi petunjuk belajar atau langkah-langkah kegiatan belajar bagi siswa untuk menemukan/memperoleh pengetahuan dari materi aliran fluida yang menggunakan CFD (*Computational Fluida Dynamic*) untuk memudahkan siswa dalam mensimulasikan aliran fluida itu sendiri. Sehingga diharapkan siswa dapat memahami jenis aliran fluida dari hasil simulasi tersebut. Jenis aliran fluida yang akan digunakan dibatasi pada aliran pipa karena untuk memudahkan siswa dalam membuat model yang akan digunakan pada CFD (*Computational Fluida Dynamic*). Setelah membuat model yang akan disimulasikan dalam CFD (*Computational Fluida Dynamic*), dapat dilakukan perhitungan untuk mengukur nilai bilangan Reynold (Re) yang akan dimasukkan kedalam parameter yang terdapat dalam CFD (*Computational Fluida Dynamic*). Selanjutnya masukkan hasil perhitungan pada parameter dan model pipa. Kemudian akan didapatkan hasil simulasi aliran fluida.

Hasil simulasi ini akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan bahan ajar, selain materi yang berkaitan dengan aliran fluida. Hasil simulasi akan

dimasukkan kedalam bahan ajar yang dibuat. Bahan ajar ini akan disertai soal-soal dan permasalahan yang kontekstual dengan CFD (*Computational Fluida Dynamic*) serta aliran fluida. Bahan ajar ini juga akan dilengkapi dengan *software* CFD (*Computational Fluida Dynamic*). Dengan bahan ajar ini, siswa akan belajar secara aktif dalam mengatasi masalah dan soal-soal yang berkaitan dengan aliran fluida dalam penerapannya menggunakan CFD (*Computational Fluida Dynamic*).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif yang bertujuan untuk menganalisis nilai bilangan Reynold (Re) dalam menentukan jenis aliran fluida menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) sebagai rancangan bahan ajar di SMA.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Semester Genap Tahun Akademik 2017/2018. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember.

3.3 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel

3.3.1 Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah diameter perintang dalam pipa, dan kecepatan aliran fluida pada pengukuran nilai bilangan Reynold (Re) untuk menentukan jenis aliran fluida.
- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jenis aliran fluida dan rancangan bahan ajar fisika di SMA.
- c. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah densitas fluida dan viskositas fluida.

3.3.2 Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional variabel dibuat untuk menghindari definisi yang rancu dan perbedaan persepsi dalam penelitian ini. Adapun definisi operasional variabel yang terdapat pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

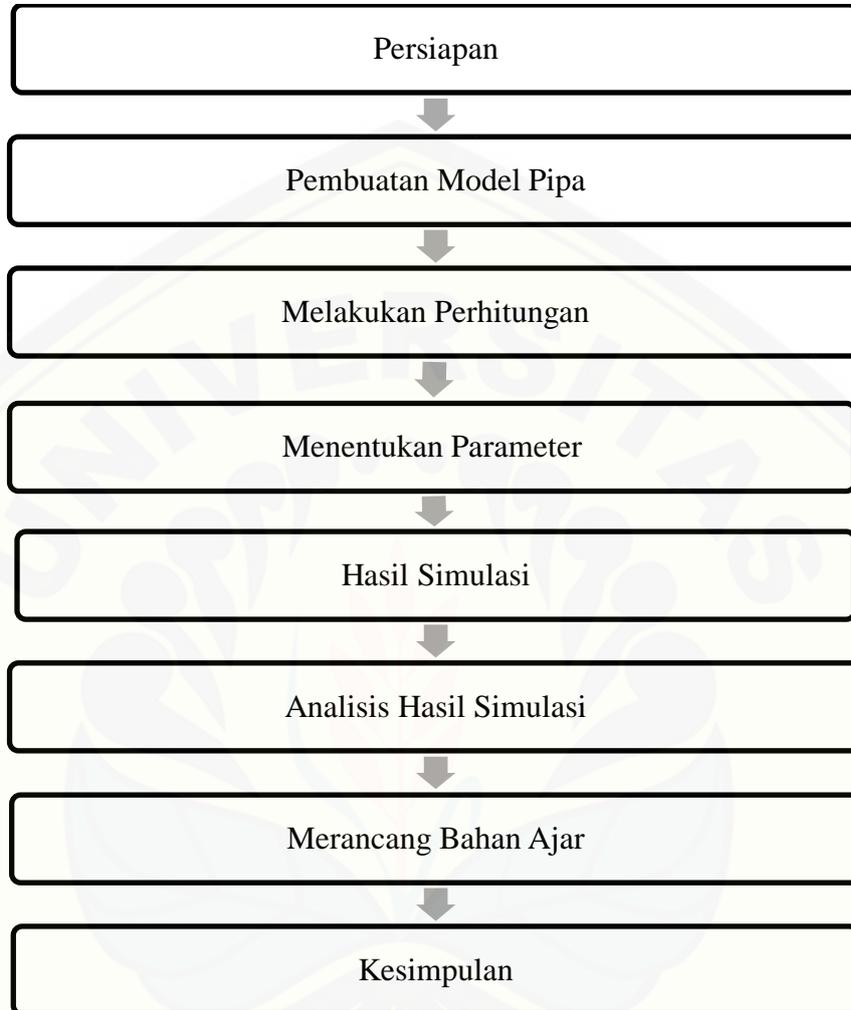
- a. Analisis Bilangan Reynold (Re)

Bilangan Reynold diperoleh dari hasil perhitungan dengan variasi diameter perintang dalam pipa dan kecepatan aliran fluida, yang digunakan untuk menentukan jenis (profil) aliran fluida.

- b. Jenis Aliran Fluida ada 3 yaitu aliran laminar, transisi, dan turbulen.
- 1) Aliran laminar adalah aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan – lapisan, atau lamina – lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar.
 - 2) Aliran transisi adalah aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen.
 - 3) Aliran turbulen adalah aliran dimana pergerakan dari partikel – partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar.
- c. CFD (*Computational Fluid Dynamics*) merupakan suatu teknologi komputasi yang menggunakan komputer untuk mensimulasikan aliran fluida.
- d. Rancangan Bahan Ajar Fisika di SMA adalah sebuah bahan ajar yang berbentuk sebuah rancangan dan hanya terdiri dari satu sub materi. Rancangan ini diterapkan pada sub materi Aliran fluida dan menggunakan hasil analisis pada bilangan Reynold untuk menentukan jenis aliran fluida.

3.4 Langkah-langkah Penelitian

Penelitian ini memiliki alur sebagai berikut:



Gambar 3.1 Tahap Penelitian

a. Persiapan

Tahap persiapan meliputi mempersiapkan komputer dan aplikasi yang digunakan. Perangkat lunak yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu aplikasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dengan *software* simufluida (beta). Menginstall *software* simufluida (beta) pada komputer.

b. Pembuatan Model Pipa

Dalam hal ini model yang dibuat adalah model volume. Asumsi penyederhanaan model yang digunakan dengan mengabaikan ketebalan pipa. Dalam pembuatan model menggunakan microsoft paint yang di simpan dalam

format hitam putih .bmp 256 colors. Model pipa yang akan dibuat dalam penelitian ini yaitu pipa yang berbentuk silinder. Dan model yang akan disimulasikan pada penelitian ini adalah seperti pada gambar dibawah ini:



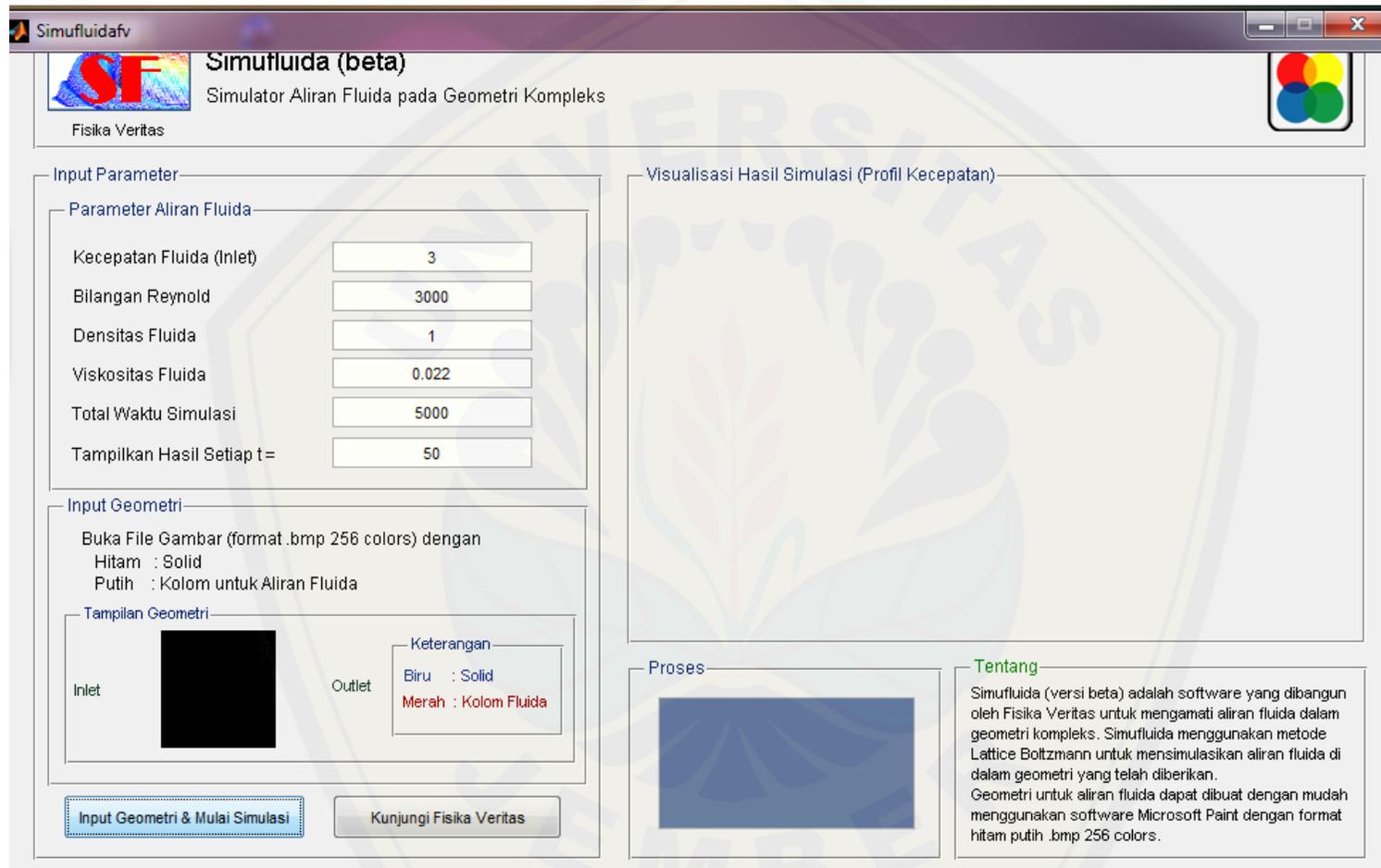
Gambar 3.2 Model aliran pipa silinder

c. Melakukan Perhitungan

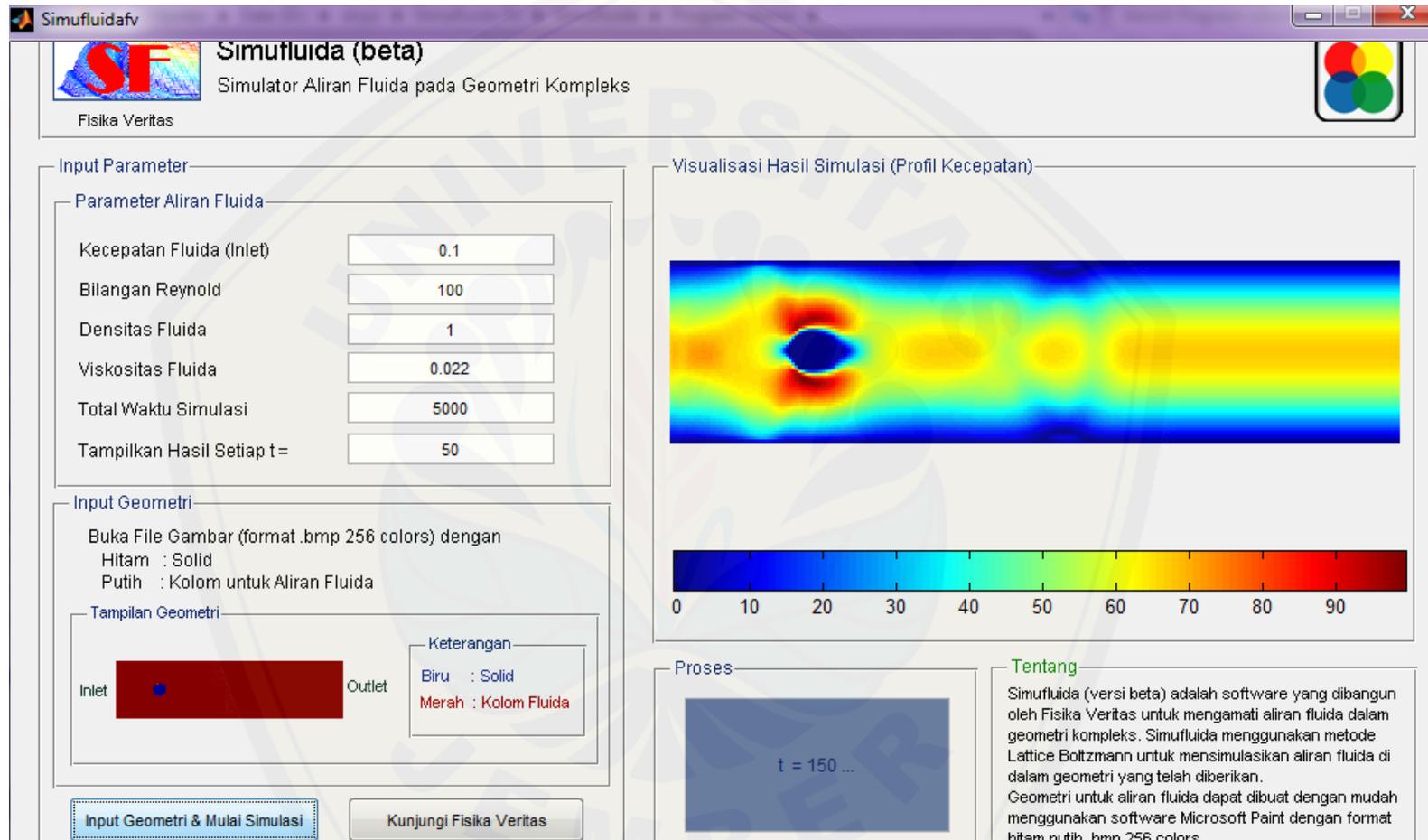
Perhitungan pada penelitian ini adalah perhitungan nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi diameter perintang dalam pipa dan kecepatan aliran fluida. Diameter dalam pipa yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu (0,3, 0,5, 0,7, dan 1) m. sedangkan kecepatan aliran fluida yaitu (0,05, 0,1, 0,15, dan 0,2) m/s.

d. Menentukan Parameter

Pada tahap ini yaitu menentukan besar nilai dari tiap parameter yang terdapat pada *software* simufluida (beta). Parameter yang terdapat pada *software* simufluida (beta) yaitu densitas fluida, viskositas fluida, total waktu simulasi, dan tampilkan hasil simulasi setiap t tertentu. Pada penelitian ini nilai densitas fluida sebesar 1000 kg/m^3 , viskositas fluida sebesar $0,022 \text{ kg/m.s}$. Sedangkan nilai bilangan Reynold ditentukan dari hasil perhitungan diameter perintang dalam pipa dan kecepatan aliran fluida.



Gambar 3.3 Parameter aliran fluida



Gambar 3.4 Hasil simulasi aliran fluida

e. Hasil Simulasi

Pada tahap ini akan melihat hasil simulasi yang telah dilakukan. Hasil simulasi berbentuk gambar dengan variasi diameter perintang dalam pipa dan kecepatan aliran fluida. Dalam melihat hasil simulasi dari simufluida (beta) dapat dilakukan dengan cara melihat secara keseluruhan baik dari kontur maupun melihat garis aliran untuk menentukan apakah aliran yang terjadi sudah efektif atau belum.

f. Analisis Hasil Simulasi

Hasil simulasi dianalisis berdasarkan garis aliran dan dibandingkan dengan nilai bilangan Reynold yang menyatakan jenis aliran fluida. Setiap hasil simulasi yang sudah dianalisis dinyatakan termasuk kedalam jenis aliran fluida laminar, transisi atau turbulen dan disesuaikan antara jenis aliran hasil simulasi dengan nilai bilangan Reynoldnya.

g. Rancangan Bahan Ajar

Pada tahap ini akan dibuat rancangan bahan ajar dari hasil simulasi disesuaikan dengan jenis bahan ajar yang digunakan. Hasil simulasi dan hasil analisis simulasi akan dimasukkan kedalam rancangan bahan ajar sebagai acuan, sehingga bahan ajar yang akan dihasilkan ini akan lebih aktual dan nyata bagi siswa.

h. Kesimpulan

Tahap terakhir yaitu membuat kesimpulan berdasarkan hasil analisis simulasi dan rancangan bahan ajar. Kesimpulan ini berkaitan dengan jenis aliran fluida yang dihasilkan.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data digunakan untuk mendapatkan data-data yang relevan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu melalui data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data yang diperoleh dari hasil simulasi, sedangkan data sekunder diperoleh dari beberapa referensi. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan pipa silinder sebagai alat percobaan. Penelitian menggunakan dua variabel untuk

diukur. Variabel pertama yaitu diameter perintang dalam pipa dan variabel yang kedua yaitu kecepatan aliran fluida pada pipa. Dari dua variabel tersebut, data yang diambil yaitu berupa hasil simulasi aliran fluida, yang digambarkan dengan garis-garis aliran.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: (1) komputer, komputer disini berfungsi sebagai media untuk *software* yang digunakan, (2) CFD (*computational Fluid Dynamics*) dalam penelitian ini yaitu *software* simufluida (beta) berfungsi untuk mensimulasikan aliran fluida, (3) microsoft paint berfungsi untuk membuat model pipa silinder, dan (4) ATK berfungsi untuk menghitung nilai bilangan Reynold (Re).

3.6 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil observasi di lapangan masih berupa data kasar, sehingga masih perlu di analisis dan diolah untuk menjawab pertanyaan pada rumusan masalah. Pengolahan data pada penelitian deskriptif digunakan sebagai langkah awal untuk memberikan gambaran atau deskripsi tentang aliran fluida. Kemudian data yang di dapat dianalisis berdasarkan jenis-jenis aliran fluida dan bilangan Reynold (Re) sesuai dengan dua variabel dalam penelitian ini. Data hasil penelitian akan digunakan sebagai acuan atau masukan dalam pembuatan rancangan bahan ajar untuk siswa SMA.

Rancangan bahan ajar terdiri dari materi, contoh soal, dan latihan soal. Materi dalam rancangan bahan ajar ini berisi peristiwa kontekstual pada aliran fluida. Materi disajikan dengan mengaitkan peristiwa aliran fluida dengan jenis aliran fluida yang disesuaikan dengan pembelajaran di SMA. Contoh soal dan latihan soal dalam rancangan bahan ajar kontekstual ini juga berupa persoalan aliran fluida. Contoh soal dan latihan soal berupa soal esai. Berikut ini desain rancangan bahan ajar kontekstual.

**Aliran Fluida: Aplikasi Menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*)
pada Pipa Silinder**

Kompetensi Pembelajaran:

.....

.....

.....

Materi

.....

.....

.....

Contoh Soal

.....

.....

.....

Latihan Soal

.....

.....

.....

Gambar 3.5 Skema rancangan bahan ajar kontekstual

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh, maka dapat di ambil kesimpulan berikut:

- a. Nilai bilangan Reynold ≤ 2000 menentukan jenis aliran laminar, nilai bilangan Reynold $2000 - 4000$ menentukan jenis aliran transisi, dan nilai bilangan Reynold ≥ 4000 menentukan jenis aliran turbulen.
- b. Rancangan bahan ajar yang dibuat dalam penelitian ini bersifat kontekstual dan terdiri dari judul, kompetensi pembelajaran, materi jenis aliran fluida berdasarkan nilai bilangan Reynold, contoh soal dan latihan soal yang kontekstual dengan hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian ini.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagi peneliti lain, dalam melakukan penelitian ini, sebaiknya menggunakan *software* yang lebih kompleks, agar data yang di peroleh lebih akurat serta untuk selanjutnya dapat di lakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi jenis pipa dan dapat pula mengkaji konsep fisika lain pada aliran pipa.
- b. Bagi guru, rancangan bahan ajar ini dapat digunakan sebagai sumber belajar dalam mengajarkan jenis aliran fluida kepada siswa.
- c. Bagi siswa, rancangan bahan ajar ini dapat digunakan sebagai sumber belajar mandiri untuk menambah wawasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkindi, H., Y. A. Purwanto, dan D. Wulandani. 2015. Analisis CFD Aliran Udara Panas Pada Pengering Tipe Rak Dengan Sumber Energi Gas Buang. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. Vol 3. No 1.
- Depdiknas. 2003. Kurikulum dan Hasil Belajar. Jakarta. Depdiknas.
- Giancoli, D. C. 2014. Fisika : *Prinsip dan Penerapannya*. Jakarta: Erlangga.
- Gumanti, T. A. 2016. *Metode penelitian Pendidikan*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Halliday, D. dan Resnick, R. 1999. *Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Indrawati, 2007. Peranan Foto dalam Meningkatkan Kemampuan Mahasiswa Calon Guru Fisika dalam Membuat Media Pembelajaran Fisika Sekolah Menengah yang Kontekstual. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*. 069: 968-984.
- Kayono, I. Y. 2008. *Analisa Aliran Berkembang Penuh Dalam Pipa*. Jakarta. Universitas Indonesia.
- Lestari, I. 2013. *Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Kompetensi*. Padang: Akademia Permata.
- Masyhud, M. S. 2014. *Metode Penelitian Pendidikan*. Jember: LPMPK.
- Muhajir, K. 2009. Karakterisasi aliran fluida gas-cair melalui pipa sudden contraction. *Jurnal Teknologi*. 2(2): 176-184.
- Munson, B. R. 2002. *Mekanika Fluida Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Nurcholis, L. 2008. Perhitungan laju aliran fluida pada jaringan pipa. *Jurnal Keteknikan*. 6(1).
- Nurhadi. 2004. *Pembelajaran Kontekstual dan Penerapannya dalam KBK*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Oktaviani, W., Gunawan., dan Sutrio. 2017. Pengembangan Bahan Ajar Fisika Kontekstual Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 3(1): 1-7.

- Olson, R. M. and Wright, S. J. 1990. *Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik*: Gramedia Pustaka Utama.
- Purwanto, B. 2007. *Fisika Dasar 2 : Teori dan Implementasinya*. Solo: Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Risnawati, I., I. Kaniawati, dan R. Efendi. 2013. Efektivitas penerapan model pembelajaran inkuiri berbasis fisika outdoor dengan menggunakan modul kontekstual untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada materi fluida dinamis. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*. 1(1): 66-75.
- Ruhimat, T. 2011. *Kurikulum dan Pembelajaran*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Sari, D. M., Surantoro., dan Ekawati, E. Y. 2013. Analisis Kesalahan Dalam Menyelesaikan Soal Termodinamika Pada Siswa SMA. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*. 3(1): 5-8.
- Sepfitrah dan Rizal, Y. 2013. Analisa pressure drop pada instalasi pipa alat uji rugi-rugi aliran menggunakan CFD FLUENT 6.0. *Jurnal APTEK*. 5(1).
- Suharto. 1991. *Dinamika Dan Mekanika Untuk Perguruan Tinggi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sukardi. 2013. *Metodologi Penelitian Pendidikan Kompetensi Dan Praktiknya*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Tampubolon, R., Sahyar., dan Sirait, M. 2015. Pengembangan Bahan Ajar Fisika Berbasis Inkuiri Pada Materi Fluida Statis Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Tabularasa PPS Unimed*. 12(2): 189-199.
- Trianto. 2007. *Model Pembelajaran Terpadu dalam Teori dan Praktik*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Vembriarto. 1985. *Pengantar Pengajaran Modul*. Yogyakarta: Yayasan Pendidikan Paramita.
- Versteeg, H. K. and Malalasekara, W. 2007. *An Introduction To Computational Fluid Dynamics*. England: Pearson Education Limited.
- Xia, B. dan D. W. Sun. 2002. Applications of computational fluid dynamics (cfd) in the food industry: a review. *Computers and Electronics in Agriculture*. 34: 5-24.

Lampiran A. Matrik penelitian

Matrik Penelitian

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	JENIS PENELITIAN	SUMBER DATA	TEKNIK PENGAMBILAN DATA	ANALISIS DATA	ALUR PENELITIAN
Analisis Bilangan Reynold (Re) Untuk Menentukan Jenis Aliran Fluida Menggunakan CFD (<i>Computational Fluid Dynamic</i>)	<ol style="list-style-type: none"> Untuk mengetahui perubahan nilai bilangan Reynold (Re) untuk menentukan jenis aliran fluida menggunakan CFD (<i>computational fluida dynamic</i>). Untuk membuat rancangan bahan ajar fisika berdasarkan analisis perubahan nilai 	<p>Penelitian Deskriptive</p>	<ol style="list-style-type: none"> Hasil penelitian Jurnal Buku Literatur terkait 	<p>Pengukuran langsung menggunakan CFD (<i>Computational Fluid Dynamics</i>) yaitu <i>software</i> simufluida (beta)</p>	<p>Hasil simulasi berupa gambar aliran fluida yang kemudian dianalisis berdasarkan jenis aliran fluida dan bilangan</p>	<ol style="list-style-type: none"> Persiapan Pembuatan model pipa Melakukan perhitungan Menentukan parameter Hasil simulasi Analisis hasil simulasi

Sebagai Rancangan Bahan Ajar di SMA	bilangan Reynold (Re) untuk menentukan jenis aliran fluida menggunakan CFD (<i>computational fluida dynamic</i>).				Reynold (Re)	7. Merancang bahan ajar 8. Kesimpulan
-------------------------------------	---	--	--	--	--------------	--

Lampiran B. Model aliran pipa silinder

Model Aliran Pipa Silinder

Diameter 30 cm



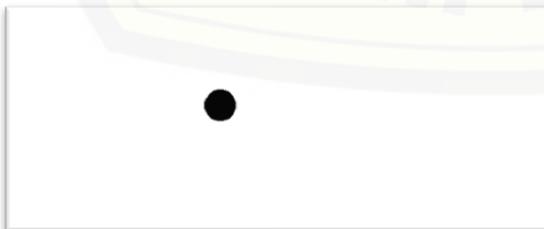
Diameter 50 cm



Diameter 70 cm



Diameter 90 cm



Diameter 100 cm



Lampiran C. Hasil perhitungan nilai bilangan Reynold

Hasil Perhitungan Nilai Bilangan Reynold

- a. Data nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi diameter perintang dalam pipa pada kecepatan aliran fluida 0,1 m/s.

No	Diameter dalam pipa (m)	Bilangan Reynold
1	0,3	1363
2	0,5	2272
3	0,7	3181
4	0,9	4091
5	1	4545

- b. Data nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi kecepatan aliran fluida pada diameter perintang dalam pipa 0,3 m.

No	Pipa	Kecepatan aliran fluida (m/s)	Bilangan Reynold
1	Pipa 1	0,05	682
2		0,1	1363
3		0,15	2045
4		0,2	2727
5		0,25	3409

- c. Data nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi kecepatan aliran fluida pada diameter perintang dalam pipa 0,5 m.

No	Pipa	Kecepatan aliran fluida (m/s)	Bilangan Reynold
1	Pipa 2	0,05	1136
2		0,1	2272
3		0,15	3409
4		0,2	4545
5		0,25	5682

d. Data nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi kecepatan aliran fluida pada diameter perintang dalam pipa 0,7 m.

No	Pipa	Kecepatan aliran fluida (m/s)	Bilangan Reynold
1	Pipa 3	0,05	1591
2		0,1	3182
3		0,15	4773
4		0,2	6364
5		0,25	7954

e. Data nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi kecepatan aliran fluida pada diameter perintang dalam pipa 0,9 m.

No	Pipa	Kecepatan aliran fluida (m/s)	Bilangan Reynold
1	Pipa 4	0,05	2045
2		0,1	4090
3		0,15	6136
4		0,2	8182
5		0,25	10227

f. Data nilai bilangan Reynold (Re) dengan variasi kecepatan aliran fluida pada diameter perintang dalam pipa 1 m.

No	Pipa	Kecepatan aliran fluida (m/s)	Bilangan Reynold
1	Pipa 5	0,05	2273
2		0,1	4545
3		0,15	6818
4		0,2	9091
5		0,25	11364

**Aliran Fluida: Aplikasi Menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*)
pada Pipa Silinder**

Kompetensi Dasar:

- 3.4 Menerapkan prinsip fluida dinamik dalam teknologi
- 4.4 Membuat dan menguji proyek sederhana yang menerapkan prinsip dinamika fluida dan makna fisisnya

Tujuan Pembelajaran:

- 3.4.1 Siswa dapat menerapkan prinsip fluida dinamik dalam teknologi dengan benar.
- 4.4.1 Siswa dapat membuat dan menguji proyek sederhana yang menerapkan prinsip dinamika fluida dan makna fisisnya dengan benar.

Pipa silinder merupakan salah satu pipa yang banyak digunakan dimasyarakat. Aliran pada pipa silinder berkaitan dengan ilmu fisika yaitu jenis aliran pada fluida. Dengan menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) dapat disimulasikan aliran pada pipa silinder, sehingga dapat diketahui jenis aliran apa saja yang terdapat pada pipa silinder. CFD (*Computational Fluid Dynamics*) berarti suatu teknologi komputasi yang memungkinkan untuk mempelajari dinamika dari benda-benda atau zat yang mengalir. Dalam hal ini yang dipelajari adalah aliran fluida pada pipa silinder. Jenis aliran fluida dapat pula ditentukan berdasarkan nilai bilangan Reynoldnya (Re).

Bilangan Reynold

Dalam mekanika fluida, bilangan Reynold adalah rasio antara gaya inersia ($v.s.\rho$) terhadap gaya viskos (μ/L) yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini untuk mengidentifikasi jenis aliran fluida, yaitu laminer, turbulen atau transisi. Ada tiga vektor yang mempengaruhi keadaan aliran yaitu kekentalan, rapat massa zat

cair, dan diameter pipa (Nurcholis, 2008). Namanya diambil dari Osborn Reynold (1842-1912) yang mengusulkannya pada tahun 1983.

$$Re = \frac{v D \rho}{\mu} \quad (2.1)$$

Dimana: v = kecepatan rata-rata fluida yang mengalir (m/s)

D = diameter (m)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/m.s)

Bilangan Reynold merupakan salah satu bilangan tak berdimensi yang berfungsi untuk menentukan bentuk aliran fluida serta posisi relatifnya pada skala yang menunjukkan pentingnya secara relatif kecenderungan turbulen terhadap kecenderungan laminar. Reynold menemukan bahwa aliran selalu menjadi laminar bila kecepatannya diturunkan sedemikian sehingga Re lebih kecil dari 2000. Untuk instalasi pipa biasa, aliran akan berubah dari laminar menjadi turbulen dalam daerah bilangan Re dari 2000 sampai 4000. Bilangan Re yang besar menunjukkan aliran yang sangat turbulen dengan kerugian yang sebanding dengan kuadrat kecepatan. Dalam aliran laminar kerugian berbanding lurus dengan kecepatan rata-rata.

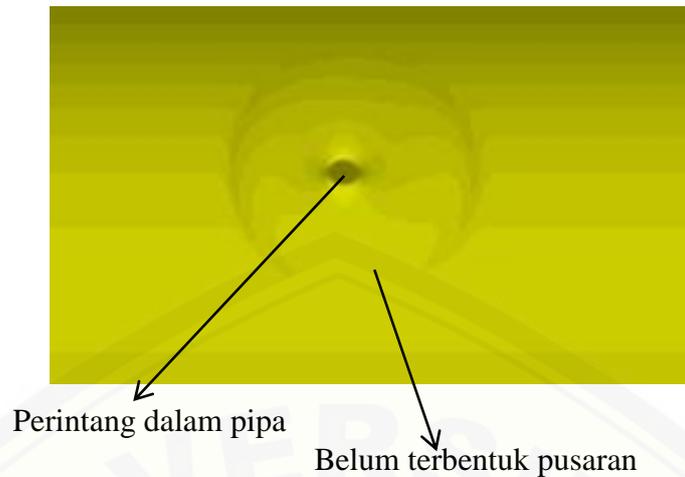
Aliran Fluida

a. Aliran laminar

Aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan – lapisan, atau lamina – lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar . Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecendrungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan. Pada aliran laminar, tiap-tiap partikel fluida mengikuti sebuah lintasan yang mulus, disebut streamline (lajur arus), dan lintasan-lintasan ini tidak memotong satu sama lain (Giancoli, 2014). Sehingga aliran laminar memenuhi hukum viskositas Newton yaitu:

$$\tau = \mu \frac{dx}{dy} \quad (2.2)$$

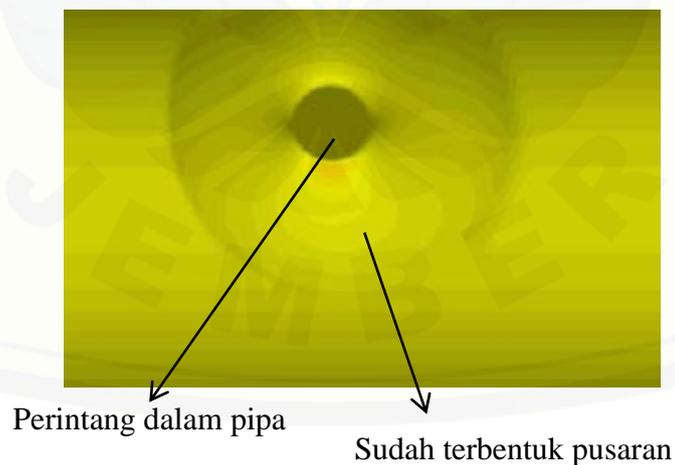
Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan Reynoldsnya kurang dari 2300 ($Re < 2300$).



Gambar 1. Hasil simulasi aliran laminier

b. Aliran Turbulen

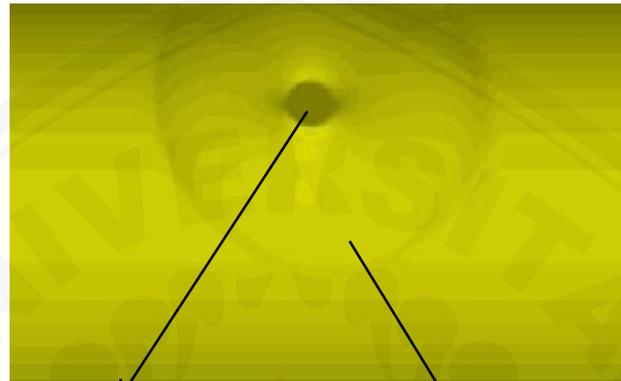
Aliran dimana pergerakan dari partikel – partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian – kerugian aliran. Dimana nilai bilangan Reynoldsnya lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$).



Gambar 2. Hasil simulasi aliran turbulen

c. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut geometri aliran dimana nilai bilangan Reynoldnya antara 2300 sampai dengan 4000 ($2300 < Re < 4000$).



Perintang dalam pipa

Mulai terbentuk pusaran

Gambar 3. Hasil simulasi aliran transisi

Mari Bermain Sambil Belajar.....

Lakukanlah kegiatan berikut ini secara berkelompok

Alat dan Bahan

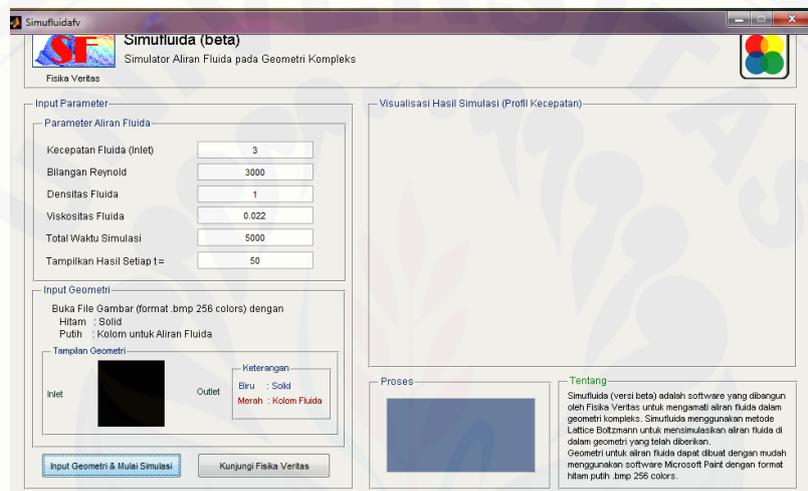
- Laptop
- Aplikasi CFD simufluida beta
- ATK

Langkah Percobaan:

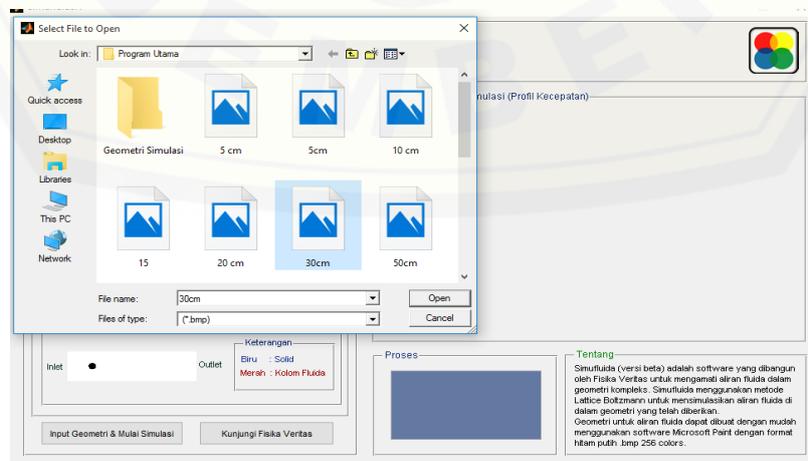
1. Variasi diameter perintang dalam pipa
 - Buatlah model pipa silinder dengan diameter perintang dalam 30 cm menggunakan microsoft paint yang di simpan dalam format hitam putih .bmp 256 colors.

Contoh model pipa silinder

- Hitunglah nilai bilangan Reynold (Re) dengan menggunakan rumus.
- Masukkan nilai bilangan Reynold hasil perhitungan, kecepatan fluida sebesar 0,1 m/s densitas fluida sebesar 1000 kg/m^3 , dan viskositas fluida sebesar 0,022 kg/m.s pada input parameter.



- Masukkan model pipa silinder pada aplikasi dengan cara input geometri dan mulai simulasi.
- Pilih model pipa silinder dengan diameter dalam pipa 30 cm. Maka akan muncul tampilan seperti berikut.



- Setelah memilih diameter perintang dalam pipa silinder yang akan digunakan, klik open.
- Selanjutnya akan muncul hasil simulasi pada layar, seperti gambar berikut ini.



- Ulangi langkah diatas dengan mengganti diameter perintang dalam pipa menjadi 50 cm, 70 cm, 90 cm, dan 100 cm.

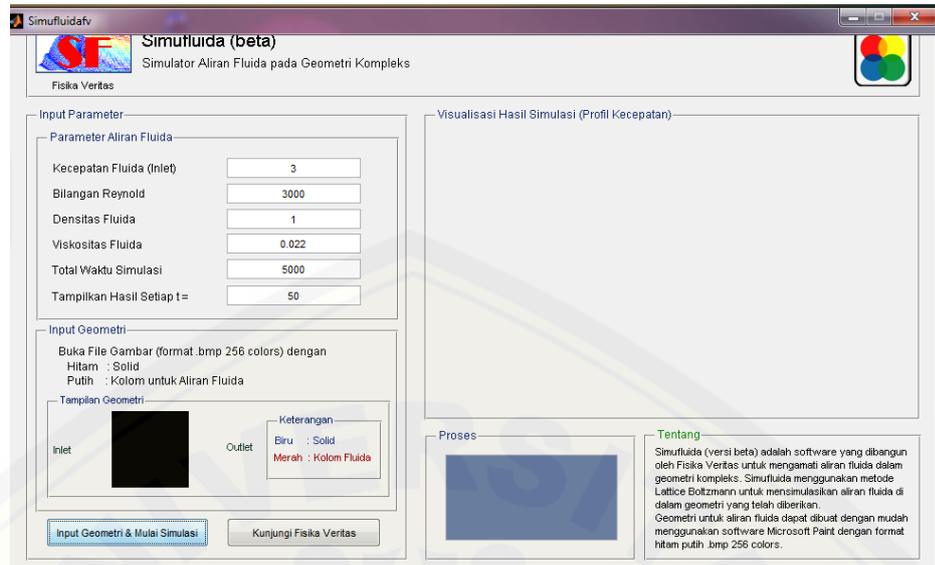
2. Variasi kecepatan aliran fluida

- Buatlah model pipa silinder dengan diameter perintang dalam 30 cm menggunakan microsoft paint yang di simpan dalam format hitam putih .bmp 256 colors.

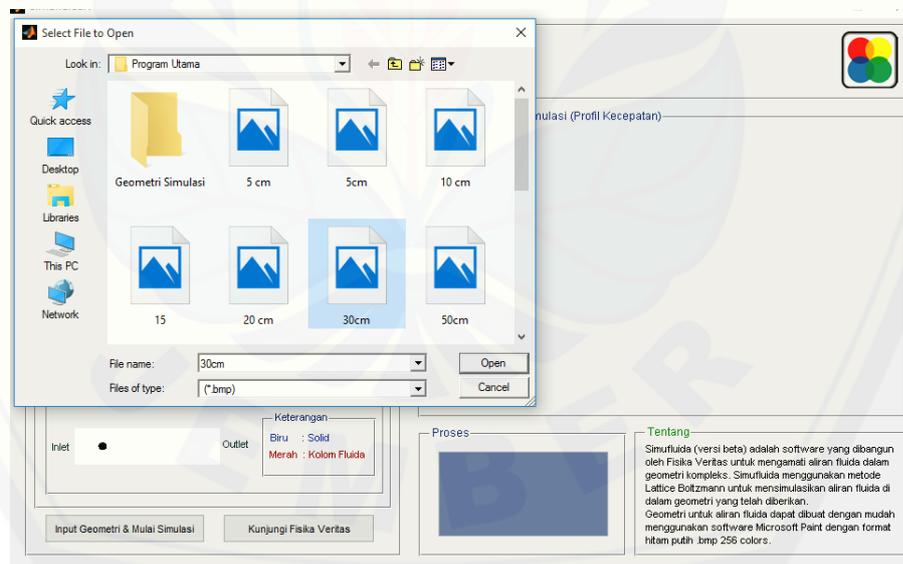


Contoh model pipa silinder

- Hitunglah nilai bilangan Reynold (Re) dengan menggunakan rumus.
- Masukkan nilai bilangan Reynold hasil perhitungan, kecepatan fluida sebesar 0,05 m/s densitas fluida sebesar 1000 kg/m^3 , dan viskositas fluida sebesar 0,022 kg/m.s pada input parameter.



- Masukkan model pipa silinder pada aplikasi dengan cara input geometri dan mulai simulasi.
- Pilih model pipa silinder dengan diameter dalam pipa 30 cm. Maka akan muncul tampilan seperti berikut.



- Setelah memilih diameter dalam pipa silinder yang akan digunakan, klik open.
- Selanjutnya akan muncul hasil simulasi pada layar, seperti gambar berikut ini.



- Ulangi langkah diatas dengan mengganti kecepatan aliran pada input parameter dengan kecepatan aliran fluida sebesar 0,1 m/s, 0,15 m/s, 0,2 m/s, dan 0,25 m/s.

Diskusikanlah.....

- a. Analisislah bentuk aliran fluida hasil simulasi pada variasi diameter dalam pipa dan kecepatan aliran fluida.
- b. Bagaimana kesimpulanmu terhadap jenis aliran fluida yang dihasilkan pada variasi diameter dalam pipa dan kecepatan aliran fluida? Jelaskan!

CONTOH SOAL

Air mengalir melalui sebuah pipa silinder dengan diameter dalam pipa 50 cm dari kolam besar menuju kolam kecil. Air tersebut mengalir dengan kecepatan konstan sebesar 0,1 m/s dan memiliki viskositas sebesar 0,022 kg/m.s. Apakah jenis aliran fluida yang terjadi pada pipa tersebut? Buktikan dengan gambar hasil simulasi.

Jawaban:

Diketahui:

$$D = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 0,1 \text{ m/s}$$

Ditanya: jenis aliran fluida dan gambar hasil simulasi?

Penyelesaian:

$$Re = \frac{\rho D v}{\mu} = \frac{1000 \times 0,5 \times 0,1}{0,022} = 2273,73 = 2273$$

Berdasarkan nilai bilangan Reynoldnya aliran pada pipa tersebut termasuk jenis aliran transisi.



Berdasarkan gambar diatas terbukti bahwa aliran pada pipa tersebut termasuk jenis aliran transisi, hal ini ditandai dengan mulai terbentuknya pusaran pada bagian bawah hasil simulasi.

LATIHAN SOAL

Doni memompa air sumur yang disalurkan pada sebuah pipa silinder dengan diameter dalam pipa 30 cm menuju bak mandi. Pipa tersebut diletakkan secara mendatar. Air tersebut mengalir dengan kecepatan konstan sebesar 0,1 m/s dan memiliki viskositas sebesar 0,022 kg/m.s.

- Jika doni mengganti pipa dengan diameter dalam pipa menjadi 50 cm. Dengan kecepatan yang sama, manakah yang menghasilkan bilangan Reynold lebih besar? Tunjukkan hasil simulasi pada tiap diameter tersebut dan tentukan jenis alirannya?
- Jika doni mengganti kecepatan aliran fluida menjadi 0,2 m/s. Dengan diameter yang sama, manakah yang menghasilkan bilangan Reynold lebih besar? Tunjukkan hasil simulasi pada tiap kecepatan tersebut dan tentukan jenis alirannya?

Lampiran E. Foto Kegiatan Penelitian

