



**PENGUNAAN *SOFTWARE KINOVEA* SEBAGAI ALAT KAJIAN  
TEORITIS MATERI FLUIDA DINAMIS**

**SKRIPSI**

Oleh

**Tri Wahyuni Purbasari**

**NIM 140210102009**

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

**2018**



**PENGUNAAN *SOFTWARE KINOVEA* SEBAGAI ALAT KAJIAN  
TEORITIS MATERI FLUIDA DINAMIS**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Tri Wahyuni Purbasari**

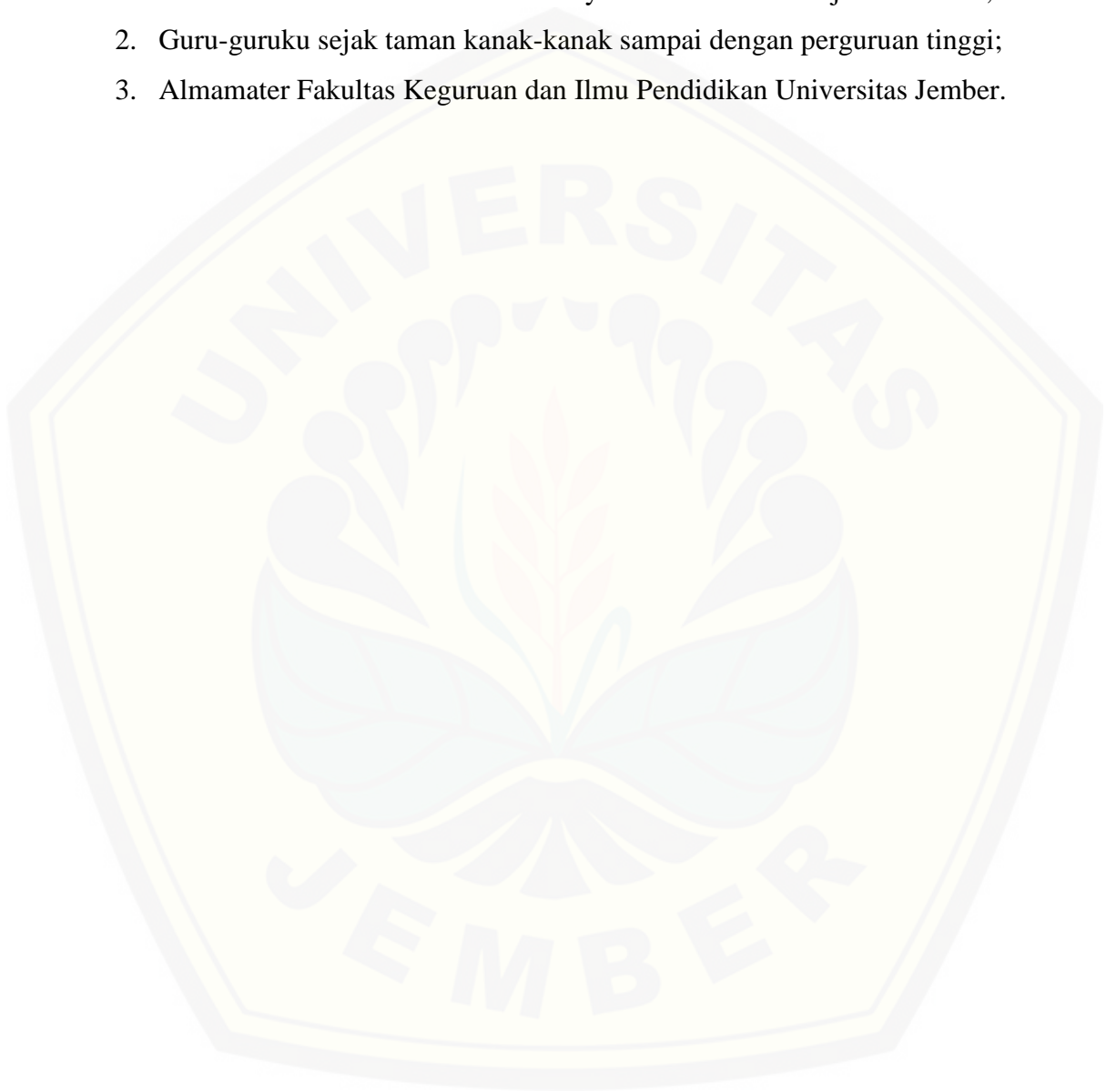
**NIM 140210102009**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN IPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

### **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan dengan segala cinta dan kasih kepada:

1. Ibunda Dra. Endah Rini Astuti dan ayahanda Ir. Herru Prijanto tercinta;
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.



### MOTTO

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetapkanlah bekerja keras (untuk urusan yang lain).

(terjemahan surat Al-Insyirah ayat 6-7)<sup>1)</sup>



---

<sup>1)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 2009. *Al Qur'an dan Terjemah Special for Woman*. Bandung: Sygma Exagrafika.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tri Wahyuni Purbasari

NIM : 140210102009

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penggunaan *Software Kinovea* Sebagai Alat Kajian Teoritis Materi Fluida Dinamis” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, 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, Juli 2018

Yang menyatakan,

Tri Wahyuni Purbasari

NIM 140210102009

**SKRIPSI**

**PENGUNAAN *SOFTWARE KINOVEA* SEBAGAI ALAT KAJIAN  
TEORITIS MATERI FLUIDA DINAMIS**

Oleh

Tri Wahyuni Purbasari

NIM 140210102009

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Sri Handono Budi P, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Penggunaan *Software Kinovea* Sebagai Alat Kajian Teoritis Materi Fluida Dinamis” karya Tri Wahyuni Purbasari telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris

Drs. Sri Handono Budi P, M.Si  
NIP. 19580318 198503 1 004

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si  
NIP. 19620401 198702 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Drs. Albertus Djoko Lesmono, M.Si  
NIP. 19641230 199302 1 001

Drs. Bambang Supriadi, M.Si  
NIP. 19680710 199302 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Jember,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D  
NIP. 196808021993031004

**RINGKASAN**

**Penggunaan *Software Kinovea* Sebagai Alat Kajian Teoritis Materi Fluida Dinamis**; Tri Wahyuni Purbasari, 140210102009; 2018: 60 halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Fisika merupakan salah satu bagian dari Ilmu Pengetahuan Alam yang mempelajari tentang fenomena alam atau tingkah laku alam dan berbagai bentuk gejalanya. Fakta dilapangan pembelajaran fisika disekolah masih banyak yang belum memuat kontekstual, sehingga siswa sulit memahami materi. Materi dalam fisika sebagian merupakan materi yang abstrak, tidak semua siswa mampu memahami, salah satu cara mengatasi kesulitan terhadap materi fisika terutama materi fluida dinamis adalah dengan mengaitkan materi fluida dinamis dengan kehidupan sehari-hari seperti mengkaji aliran air PDAM menggunakan software kinovea. Aliran air PDAM dijadikan alternatif dalam konsep yang berkaitan dengan fluida dinamis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji Software Kinovea dengan menggunakan konsep Fluida Dinamis

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan penelitian tentang kajian aliran air kran PDAM dianalisis menggunakan *software kinovea*. Jenis penelitian ini adalah deskriptif. Penelitian deskriptif ini bersifat deduktif, berdasarkan teori/konsep yang bersifat umum diaplikasikan untuk menjelaskan tentang seperangkat data. Penelitian ini memiliki alur sebagai berikut : Persiapan sebelum dilakukannya penelitian; Pengumpulan Data yang dibutuhkan untuk penelitian ; Data yang didapat; Analisis Data yang sudah didapat ; Pembahasan dari analisis data; dan Kesimpulan yang dapat diambil setelah penelitian dilakukan.

Sesuai dengan tujuan penelitian hasil dari kajian yang menggunakan *software kinovea* akan dibandingkan dengan hasil eksperimen. Dari hasil yang telah dipaparkan, hasil persentase keseksamaan antara *software kinovea* dengan eksperimen sama-sama memiliki persentase yang tinggi artinya kedua percobaan memiliki hasil yang akurat. Namun dilihat dari hasil rata-rata kesalahan relatife pada debit dengan menggunakan *software kinovea* adalah 3.84% dan rata-rata kesalahan relative pada debit yang menggunakan perhitungan matematis adalah 5%. Ini berarti *software kinovea* kurang baik digunakan untuk pengukuran debit. Dan untuk hasil rata-rata kesalahan relatif pada kecepatan dengan menggunakan *software kinovea* adalah 4.6% dan unruk rata-rata kecapatan menggunakan perhitungan matematis adalah 0.46%, ini menunjukkan berarti *software kinovea* kurang baik digunakan untuk pengukuran kecepatan.



Hal ini dikarenakan gerakan aliran fluida yang ditunjukkan pada software tersebut hanya menunjukkan gerakan pada sumbu y saja (gerakan dipercepat) yaitu gerakan aliran air kebawah. Artinya software tersebut tidak dapat digunakan untuk menganalisis gerakan aliran air dari sebuah video yang akan dianalisis. Contoh gerakan selain aliran fluida adalah gerak parabola yang didalamnya terdapat gerakan GLBB (Gerak Lurus Berubah Beraturan) dan GLB (Gerak Lurus Beraturan) dan gerakan tersebut dapat dipercepat dan diperlambat sehingga dengan software tersebut dapat dilakukan analisis pada kedua sumbu yaitu sumbu x dan sumbu y. Dimungkinkan software kinovea lebih sesuai untuk gerakan yang dilakukan terhadap sumbu x dan sumbu y. Oleh karena itu, *software kinovea* memungkinkan dapat digunakan untuk menganalisis sebuah konsep fisika yang lain seperti gerak parabola yakni, misalkan gerakan pemain olahraga volley dan basket.

Kesimpulan pada penelitian ini adalah: Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan *software kinovea* kurang baik digunakan sebagai alat ukur pada konsep fluida dinamis, baik pada pengukuran debit maupun pengukuran kecepatan. Sehingga software kinovea ini lebih baik digunakan untuk pengukuran gerak yang memiliki 2 sumbu yaitu sumbu x dan sumbu y seperti pada gerak parabola.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penggunaan *Software Kinovea* Sebagai Alat Kajian Teoritis Materi Fluida Dinamis”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

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

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang telah memberikan fasilitas dan kemudahan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Jember yang telah meluangkan waktu demi kelancaran penyusunan skripsi ini;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember;
4. Drs. Sri Handono P. M.Si selaku Dosen Pembimbing utama, dan Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
6. Semua dosen FKIP Pendidikan Fisika, atas semua ilmu yang telah diberikan selama menjadi mahasiswa Pendidikan Fisika;
7. Saudara kembar tercinta Tri Wahyuni Purbawati, kakak tercinta Eko Heri Santoso, Bunga Mega Sari dan Faiqotul Himmah serta keluarga besarku yang selalu memberikan doa, semangat, motivasi, dan dukungan yang besar dalam penulisan skripsi ini;
8. Khofifatul Rasyidah, Hidayah Zuliana, Arina Wardha, Nur Aini, Dian Pratiwi, Nata Amalia, Siti Afiqah, Siti Dewi, Nurhasanah, Rahayu, selaku sahabat

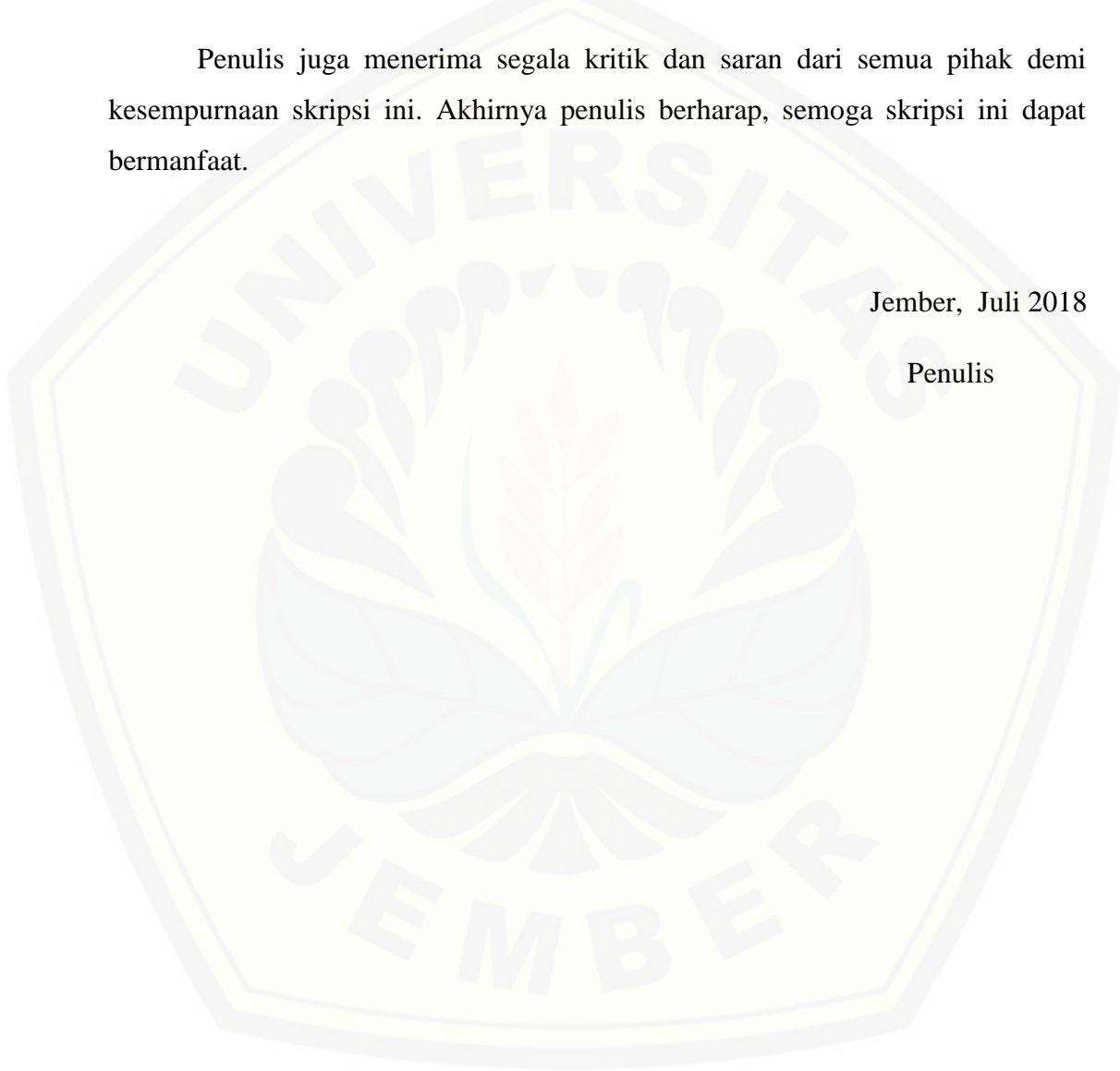
uyur-uyur yang selalu mensupport penuh dan selalu menjadi pengingat perkara akhirat;

9. Keluarga besar Program Studi Pendidikan Fisika 2014 Universitas Jember yang telah memberikan do'a, semangat, motivasi dan kenangan terindah;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Juli 2018

Penulis



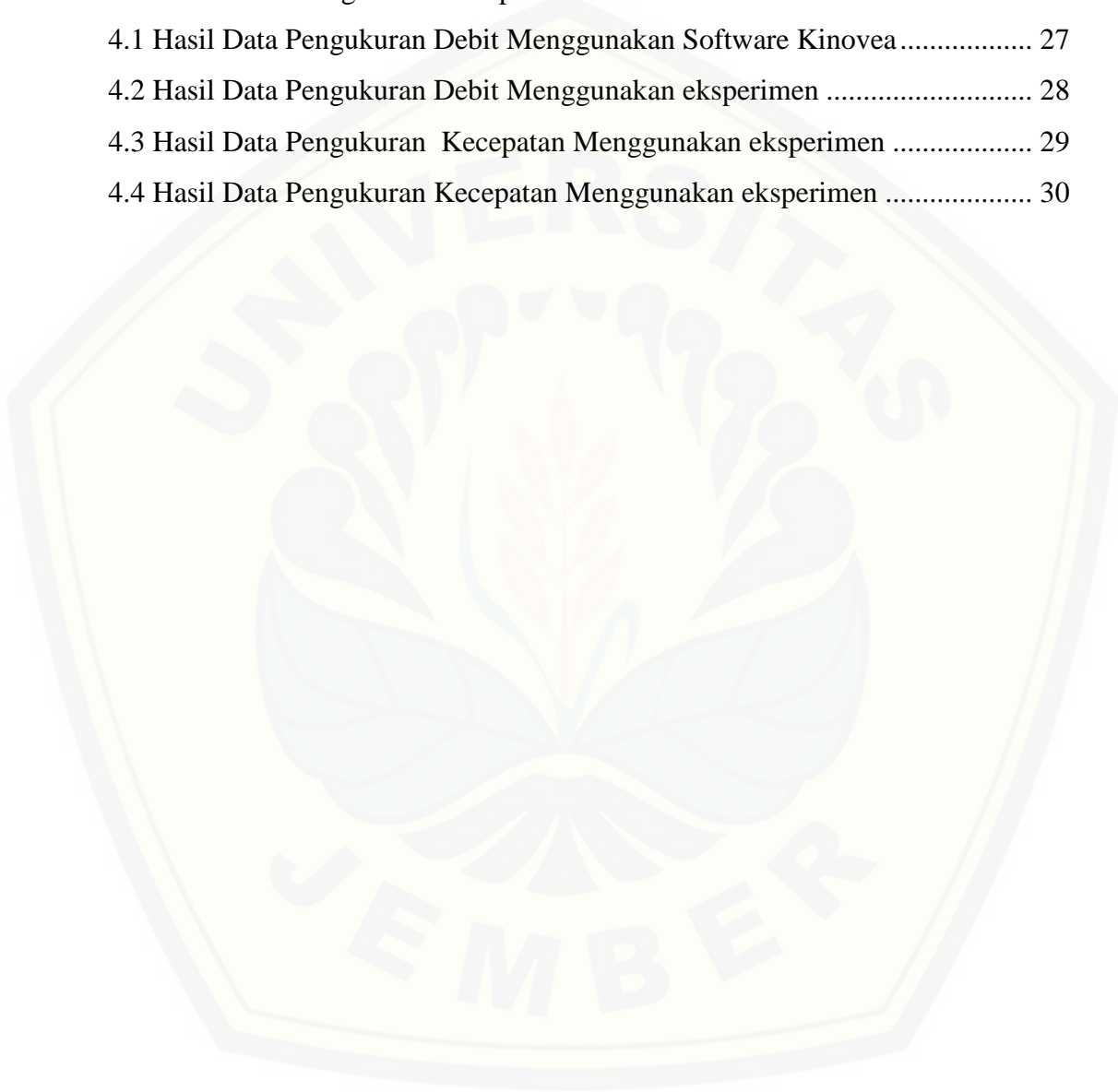
## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>5</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Materi Fluida Dinamis</b> .....	<b>5</b>
2.1.1 Debit Air. ....	5
2.1.2 Persamaan Kontinuitas. ....	7
2.1.3 Hukum Bernoulli. ....	9
2.1.4 Gerak Jatuh Bebas. ....	11
<b>2.2 Aliran Air</b> .....	<b>12</b>
2.2.1 Karakteristik Aliran Fluida. ....	12
2.2.2 Aliran Pada Saluran Pipa. ....	13
2.2.3 Sifat Umum Aliran Pipa. ....	14

2.2.3 Laju Aliran Fluida.....	16
<b>2.3 Software Kinovea.....</b>	<b>16</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Jenis dan Desain Penelitian .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel.....</b>	<b>18</b>
3.3.1 Variabel Penelitian.....	18
3.3.2 Definisi Operasional Variabel. ....	19
<b>3.4 Alat dan Bahan. ....</b>	<b>18</b>
<b>3.5 Desain Alat Penelitian. ....</b>	<b>20</b>
<b>3.6 Alur Penelitian. ....</b>	<b>21</b>
<b>3.7 Langkah Penelitian.....</b>	<b>21</b>
<b>3.8 Teknik Analisis Data. ....</b>	<b>24</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Hasil Penelitian .....</b>	<b>26</b>
4.1.1 Pelaksanaan.....	26
4.1.2 Analisis Data.....	26
<b>4.3 Pembahasan .....</b>	<b>30</b>
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>37</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>37</b>
<b>5.2 Saran. ....</b>	<b>38</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>40</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
3.1 Tabel Hasil Pengukuran debit .....	23
3.2 Tabel Hasil Pengukuran kecepatan .....	24
4.1 Hasil Data Pengukuran Debit Menggunakan Software Kinovea.....	27
4.2 Hasil Data Pengukuran Debit Menggunakan eksperimen .....	28
4.3 Hasil Data Pengukuran Kecepatan Menggunakan eksperimen .....	29
4.4 Hasil Data Pengukuran Kecepatan Menggunakan eksperimen .....	30

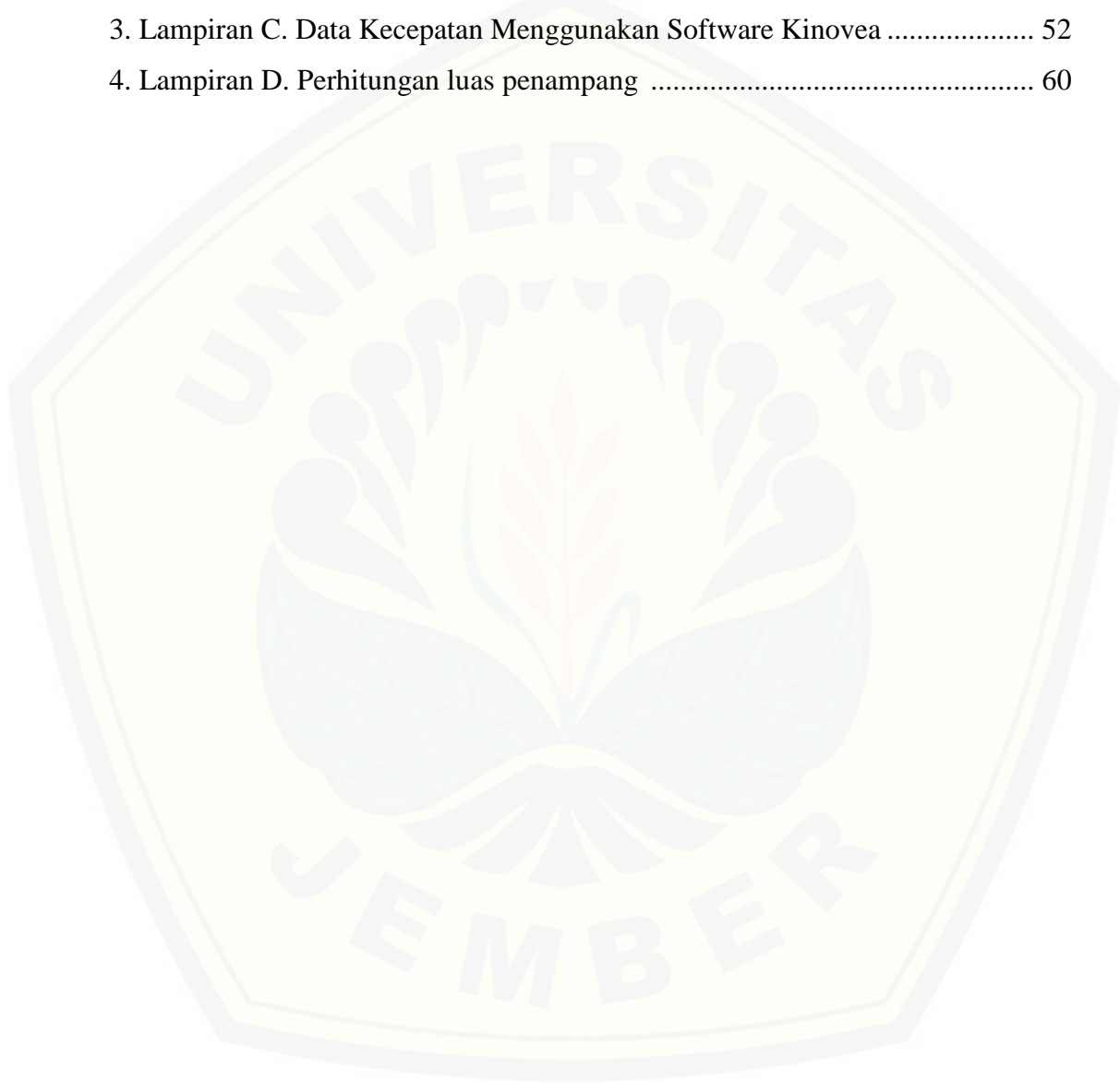


**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Elemen Fluida .....	6
2.2 Aliran Fluida Melalui Pipa .....	8
2.3 Ilustrasi untuk Menurunkan Hukum Bernoulli .....	9
2.4 Uniform Flow .....	13
2.5 Laju Aliran Fluida .....	16
3.1 Desain Alat Penelitian.....	20
3.2 Bagan Alur Penelitian .....	21
4.1 Olahraga Lari .....	35

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
1. Lampiran A. Pengukuran hasil debit.....	42
2. Lampiran B. Pengukuran hasil Kecepatan .....	49
3. Lampiran C. Data Kecepatan Menggunakan Software Kinovea .....	52
4. Lampiran D. Perhitungan luas penampang .....	60





## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Hakikat Ilmu Pengetahuan Alama (IPA) adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari gejala-gejala melalui serangkaian proses yang dikenal dengan proses ilmiah yang dibangun atas dasar sikap ilmiah dan hasilnya terwujud sebagai produk ilmiah yang tersusun atas tiga komponen berupa konsep, prinsip, dan teori yang berlaku secara universal (Trianto, 2011:141). Pembelajaran IPA bertujuan untuk mengembangkan keterampilan proses untuk memperoleh konsep-konsep IPA dalam menumbuhkan nilai dan sikap ilmiah siswa. Oleh karena itu, dalam pembelajaran, siswa dituntut aktif, kreatif dan mampu berfikir kritis tidak hanya bergantung pada guru saja.

Fisika merupakan salah satu bagian dari Ilmu Pengetahuan Alam yang mempelajari tentang fenomena alam dan tingkah laku alam dan berbagai macam bentuk gejalanya (Pelita,2011:364). Berdasarkan hal tersebut, maka dalam belajar fisika tidak hanya belajar menggunakan buku atau mendengarkan penjelasan dari orang lain melainkan harus dengan proses pengamatan dan pengambilan data terhadap permasalahan atau gejala alam dilingkungan sekitar, sehingga sumber belajar tidak hanya diperoleh dari guru dan buku yang bersifat teoritis, tetapi dapat pula diperoleh dari lingkungan sekitar. Hal tersebut sejalan dengan pendapat (Brahim, 2007: 40) yang menyatakan bahwa keberadaan alam sekitar merupakan potensi yang dapat digunakan untuk menunjang aktivitas peserta didik dalam proses pembelajaran.

Berdasarkan Undang-undang No. 20 tahun 2013 tentang sistem nasional yang menyebutkan bahwa kurikulum dilakukan dengan mengacu pada standart nasional pendidikan dan kurikulum pada semua jenjang dan jenis pendidikan yang dikembangkan dengan prinsip pengoreksian yang sesuai dengan satuan pendidikan, potensi daerah dan peserta didik sehingga pengembangan proses pembelajaran disekolah perlu mengacu kepada potensi lokal daerah tersebut. Potensi lokal yang dimaksud ialah kejadian, peristiwa, permasalahan atau

fenomena yang terdapat pada lingkungan daerah asal peserta didik (Marlina, 2013 : 1054).

Depdiknas, 2002 menyampaikan bahwa pendekatan kontekstual adalah konsep belajar yang membantu guru mengaitkan antara materi yang diajarkan dengan situasi dunia nyata siswa dan mendorong siswa membuat hubungan antara pengetahuan yang dimilikinya dalam penerapan kehidupan sehari-hari. Selain itu pembelajaran kontekstual merupakan suatu konsep tentang pembelajaran yang membantu guru mengaitkan antara materi yang diajarkan dengan situasi dunia nyata siswa. Berdasarkan hal tersebut, selaras dengan hakikat pembelajaran fisika yang harus kontekstual dengan berdasarkan fakta, fenomena-fenomena dalam hasil pemikiran dan hasil eksperimen yang telah dilakukan oleh para ahli fisika. Melalui pembelajaran kontekstual, guru dituntut untuk dapat mengekspresi pembelajaran, agar dapat memberikan kemaknaan yang lebih kepada peserta didik.

Fakta dilapangan menunjukkan bahwa pembelajaran fisika disekolah masih banyak yang belum memuat kontekstual. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan (Jaya,2012: 3-5) yang menyatakan bahwa bahan ajar cetak konvensional hanya berisi definisi dari suatu konsep, sekumpulan rumus-rumus, contoh soal dan latihan soal. Materi yang disajikan didalam bahan ajar cetak tersebut banyak yang bersifat abstrak dan rumit sehingga siswa enggan untuk membacanya apalagi mempelajarinya. Materi ajar yang tersaji didalam bahan ajar tersebut tidak pernah dikaitkan antara objek-objek atau kejadian-kejadian aktual didunia nyata yang akrab dengan peserta didik. Permasalahan-permasalahan yang disajikan didalam bahan ajar disekolah perlu mengacu kepada potensi lokal didaerah tersebut. Potensi lokal yang dimaksud ialah kejadian tersebut juga bersifat akademi semata. Hal ini yang menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep pembelajaran fisika.

Salah satu materi pembelajaran fisika yang dianggap sulit oleh siswa adalah fluida dinamis. Materi fluida dinamis yang disampaikan dalam pembelajaran masih bersifat abstrak. Hal ini mengakibatkan siswa kurang memiliki pengalaman belajar langsung dengan wujud nyata sifat fluida sehingga mengalami

miskonsepsi pada beberapa konsep fluida dinamis (Fathiah *et al*,2015:112). Salah satu cara yang baik untuk menyerap konsep dapat dilakukan dengan cara memahami wujud konkrit tentang hal yang dikonsepsikan tersebut. Salah satu konsep fisika yang dianggap sulit dipahami adalah konsep fluida dinamis. Pada konsep fluida dinamis banyak sekali konsep yang diajarkan salah satunya kecepatan aliran fluida, persamaan kontinuitas, tekanan pada energi potensial fluida dan aplikasi azas Bernoulli.

Salah satu fenomena fluida dinamis yang dapat menerangkan konsep-konsep dan data-data dalam bentuk materi dan soal yang sesuai dengan kondisi nyata ialah kajian teori fluida dinamis menggunakan *software kinovea*. *Software kinovea* merupakan alat analisis video yang biasa dididikasikan untuk olahraga. Fungsi *software kinovea* sendiri untuk mengamati gerakan yang dilakukan video, gerakan tersebut dapat di slow motion (diperlambat) sehingga bisa direkam dan diamati hasilnya. Aliran air kran PDAM merupakan salah satu fenomena fisika yang memuat konsep dan aplikasi fluida dinamis. Salah satu konsep yang terkait fluida dinamis pada fenomena air kran PDAM dapat dilihat melalui debit pada waktu dan volume yang berbeda serta kecepatan aliran air pada sudut putar kran. Melalui aliran air kran PDAM dapat ditinjau melalui *software kinovea*. Sehingga dengan menggunakan *software kinovea* dapat menganalisis hasil perbedaan debit dan waktu yang berbeda serta kecepatan aliran air.

Fluida adalah suatu yang tidak bisa dilepas dari kehidupan sehari-hari kita dimanapun dan kapanpun berada, fluida selalu mempengaruhi berbagai kegiatan dalam kehidupan sehari-hari dalam bentuk liquid ataupun gas (Ridwan, 2013: 1). Setiap hari kita selalu berhubungan dengan fluida tanpa kita sadari. Kita dapat melihat instalasi perpipaan air pada rumah yang kita tempati. Fenomena pada fluida yang dapat kita lihat dalam kehidupan sehari-hari seperti, benturan air antara pipa ketika kran air ditutup secara tiba-tiba, pusaran air yang kita lihat ketika air didalam bak mandi dikeluarkan melalui lubang pembuangan dan radiator air atau uap panas untuk memanaskan rumah dan radiator pendingin dalam sebuah mobil yang bergantung pada aliran fluida agar dapat memindahkan panas dengan efektif (Eko Singgih, 2012:1).

Aliran fluida didalam pipa pada kenyataanya mengalami penurunan tekanan seiring dengan panjang pipa yang dilalui fluida tersebut. Menurut teori dalam mekanika fluida, hal ini disebabkan karena fluida yang mengalir memiliki viskositas. Viskositas ini menyebabkan timbulnya gaya geser yang sifatnya menghambat. Untuk melawan gaya geser tersebut diperlukan energi sehingga mengakibatkan energi yang hilang pada aliran fluida. Energi yang hilang ini mengakibatkan penurunan tekanan aliran fluida atau disebut juga kerugian tekanan (head loses) (Ridwan, 2013:1)

Aliran air PDAM yang berlokasi diprumahan semeru gang 17 dapat dijadikan alternatif dalam konsep yang berkaitan dengan fluida dinamis. Hal ini dikarenakan aliran air kran memiliki kecepatan aliran fluida, dari aliran air yang keluar dapat dianalisis melalui *software kinovea*, karena *software kinovea* sendiri merupakan analisis video yang memungkinkan dapat menganalisis kecepatan , waktu, sudut perpindahan, panjang jika dibutuhkan.

Berdasarkan uraian masalah diatas, maka perlu dilakukan pengambilan data pada pokok bahasan fluida dinamis. Adapun judul yang diangkat dalam penelitian ini adalah **“Penggunaan *Software Kinovea* sebagai Alat Kajian Teoritis Materi Fluida Dinamis”**.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dirumuskan permasalahan adalah Bagaimana penggunaan *Software Kinovea* sebagai alat ukur pada konsep fluida dinamis?

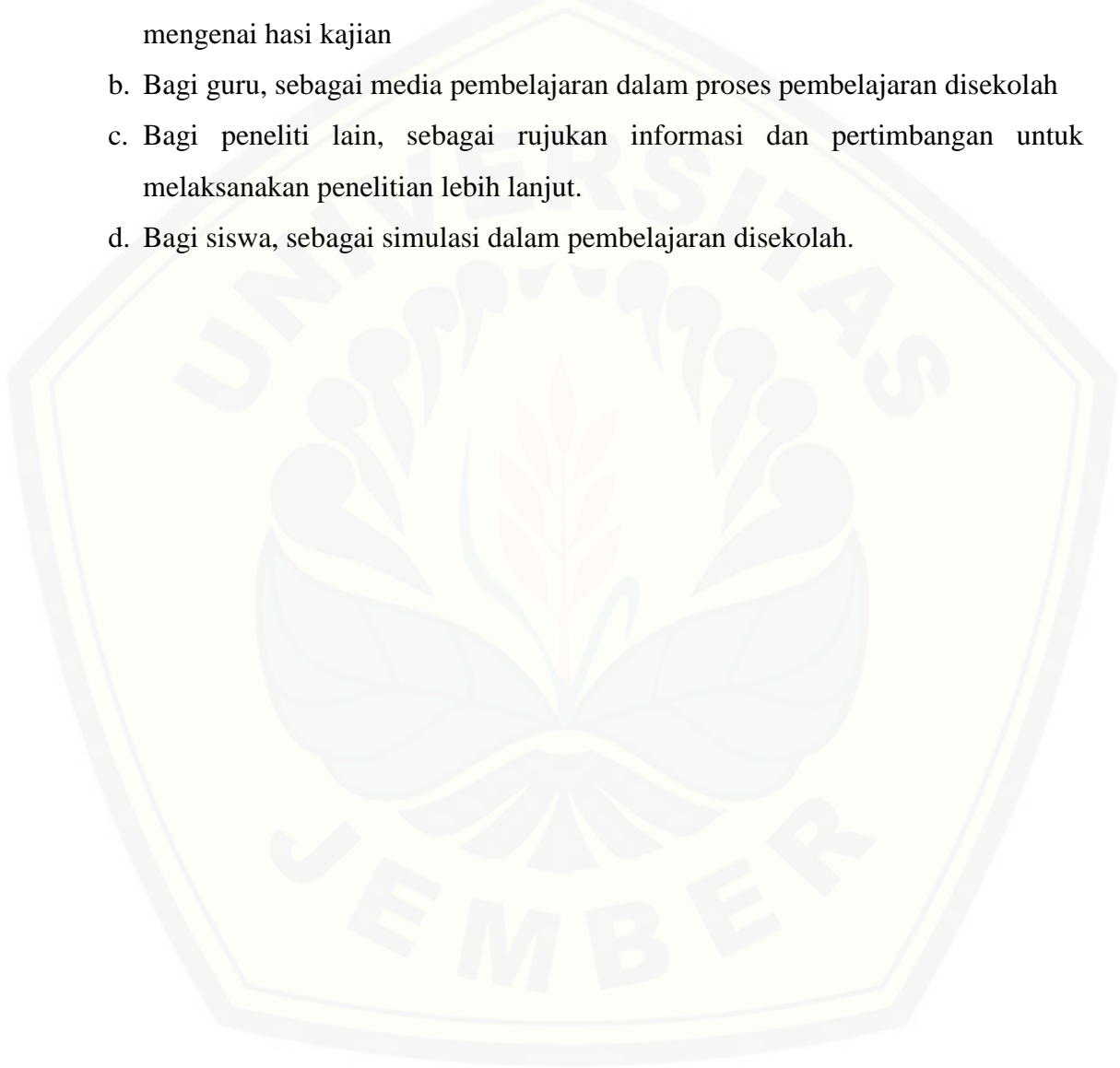
## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah mengkaji kegunaan *software kiovea* sebagai alat ukur pada konsep fluida dinamis.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

- a. Bagi peneliti diharapkan peneliti dapat bermanfaat sebagai cara mengamalkan ilmu pada waktu kuliah dengan melakukan penelitian dalam rangka menyelesaikan pendidikan serta memberikan pengetahuan kepada peneliti mengenai hasil kajian
- b. Bagi guru, sebagai media pembelajaran dalam proses pembelajaran disekolah
- c. Bagi peneliti lain, sebagai rujukan informasi dan pertimbangan untuk melaksanakan penelitian lebih lanjut.
- d. Bagi siswa, sebagai simulasi dalam pembelajaran disekolah.



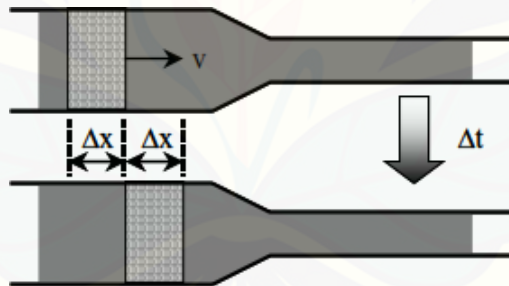
## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Materi Fluida Dinamis

#### 2.1.1 Debit Air

Debit air adalah jumlah air yang mengalir dari suatu penampang tertentu (sungai, air terjun, saluran, mata air) persatuan waktu atau dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ( $\text{m}^3/\text{dt}$ ). Debit air biasa juga disebut dengan kuantitas air yang mengalir, volume air yang mengalir atau suplai air yang mengalir, yang mana debit air ini berbeda-beda dalam penggunaannya.

Pengetahuan tentang jumlah air ini akan memberi keuntungan karena kita dapat mengoptimalkan penggunaan air.



**Gambar 2.1** Elemen fluida berupa silinder dengan ketebalan  $\Delta x$  berpindah sejauh  $\Delta x$  selama selang waktu  $\Delta t$

Kita lihat irisan fluida tegak lurus penampang pipa yang tebalnya  $\Delta x$ . Anggap luas penampang pipa  $A_{\hat{n}}$ . Volume fluida dalam elemen tersebut adalah  $\Delta V = A_{\hat{n}} \cdot \Delta x$ . Elemen tersebut tepat bergeser sejauh  $\Delta x$  selama selang waktu  $\Delta t$ . Jika laju aliran fluida adalah  $v$  maka  $\Delta x = v\Delta t$ , sehingga elemen volume fluida yang mengalir adalah :

$$\Delta V = A_{\hat{n}} \cdot v \Delta t$$

Debit air yang mengalir pada suatu penampang saluran dinyatakan dengan;

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{A_{\hat{n}} \cdot v \Delta t}{\Delta t}$$

$$Q = v \cdot A_{\hat{n}}$$

Dengan :  $Q$  = debit air ( $\text{m}^3$ )

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

$A_{\hat{n}}$  = luas penampang ( $\text{m}^2$ );

$t$  = waktu (s);

(Abdullah, 2007: 262-263)

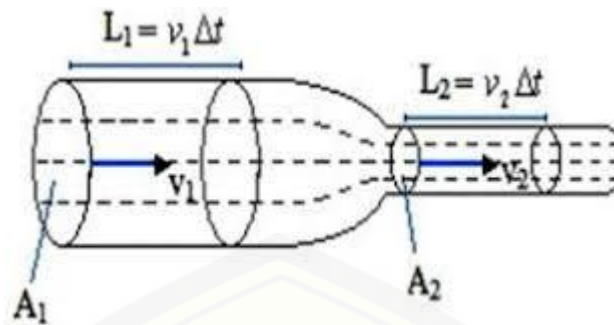
### 2.1.2 Persamaan Kontinuitas

Fluida yang bergerak atau disebut juga dengan dinamika fluida atau hidrodinamika. Banyak aspek gerak fluida yang masih dipelajari saat ini (misalnya, turbulensi sebagai manifestasi kekacauan merupakan topik yang hangat saat ini). Bagaimanapun, dengan asumsi-asumsi penyederhanaan tertentu, bisa didapat pemahaman yang baik dari subjek ini.

Untuk permulaan, dua jenis utama aliran fluida. Jika aliran tersebut mulus, yaitu lapisan-lapisan yang bersebelahan meluncur satu sama lain dengan mulus, aliran tersebut dikatakan sebagai aliran lurus atau laminar (dalam lapisan-lapisan). Pada aliran jenis ini, setiap partikel fluida mengikuti lintasan yang mulus, dan lintasan-lintasan ini tidak saling bersilangan

Di atas laju tertentu, yang bergantung dari beberapa faktor, aliran berubah menjadi turbulen. Aliran turbulen ditandai dengan lingkaran-lingkaran tak menentu, kecil, dan menyerupai pusaran yang disebut sebagai arus eddy atau eddy. Eddy menyerap banyak energi, dan walaupun gesekan internal dengan besar tertentu, yang disebut dengan viskositas ada, bahkan pada waktu aliran laminar, energi tersebut jauh lebih besar ketika aliran berupa turbulen. Beberapa tetes kecil tinta atau pewarna makanan yang diteteskan ke zat cair yang sedang bergerak dengan cepat menunjukkan apakah aliran tersebut laminar atau turbulen.

Kemudian lihat aliran laminar suatu fluida yang melalui tabung tertutup atau pipa seperti gambar yang ditunjukkan berikut ini.



**Gambar 2.2** Aliran fluida melalui pipa yang diameternya berubah-ubah

Pertama tentukan bagaimana laju fluida berubah ketika ukuran tabung berubah. Laju aliran massa didefinisikan sebagai massa  $\Delta m$  dari fluida yang melewati titik tertentu per satuan waktu  $\Delta t$ ; laju aliran massa  $\Delta m/\Delta t$ . Pada gambar volume fluida yang melewati titik 1 (yaitu, yang melalui  $A_1$ ) dalam waktu  $\Delta t$  adalah  $A_1 \Delta l_1$ , dimana  $\Delta l_1$  adalah jarak yang dilalui fluida dalam waktu  $\Delta t$ . Karena kecepatan fluida yang melewati titik 1 adalah  $v_1 = \Delta l_1/\Delta t$  laju alir massa  $\Delta m_1/\Delta t$  melalui luas  $A_1$  adalah

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta t} = \frac{\rho_1 \Delta V_1}{\Delta t} = \frac{\rho_1 A_1 \Delta l_1}{\Delta t} = \rho_1 A_1 v_1$$

di mana  $\Delta V_1 = A_1 \Delta l_1$  adalah volume dengan massa  $\Delta m_1$ , dan  $\rho_1$  adalah massa jenis fluida. Dengan cara yang sama, pada titik 2 (melalui luas  $A_2$ ), laju alir adalah  $\rho_2 A_2 v_2$ . Karena tidak ada aliran fluida yang masuk atau keluar dari sisi-sisi, laju alir melalui  $A_1$  dan  $A_2$  harus sama. Dengan demikian, karena

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta t} = \frac{\Delta m_2}{\Delta t}$$

maka,

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

Persamaan ini disebut persamaan kontinuitas. Jika fluida tersebut tidak bisa ditekan ( $\rho$  tidak berubah terhadap tekanan) yang merupakan pendekatan yang baik untuk zat-zat cair dalam sebagian besar kondisi (dan kadang-kadang juga untuk gas), maka  $\rho_1 = \rho_2$ , dan persamaan kontinuitas menjadi



$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad [\rho = \text{konstan}]$$

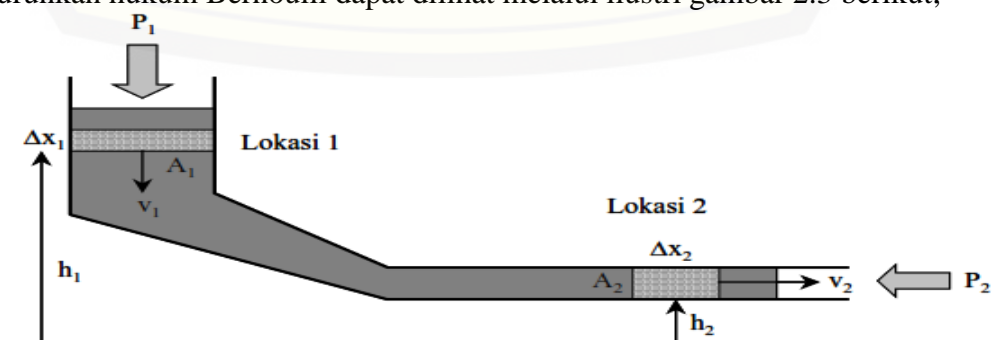
Perhatikan bahwa hasil kali  $Av$  menyatakan laju aliran volume (volume fluida yang melewati suatu titik per sekon), karena  $\frac{\Delta V_1}{\Delta t} = A \frac{\Delta l_1}{\Delta t} = Av$ , yang dalam satuan SI adalah  $\text{m}^3/\text{s}$ . Persamaan 10-1 memberitahukan bahwa di mana luas penampang lintang besar, kecepatan kecil, dan di mana luas kecil, kecepatan besar.

(Giancoli,2009:338-340)

### 2.1.2 Hukum Bernoulli

Salah satu hukum dasar dalam menyelesaikan persoalan fluida bergerak adalah hukum Bernoulli. Hukum Bernoulli sebenarnya adalah hukum tentang energy mekanik yang diterapkan pada fluida bergerak sehingga keluar persamaan yang bentuknya khas. Hukum Bernoulli menyatakan bahwa tekanan dari fluida yang bergerak akan berkurang ketika fluida tersebut bergerak lebih cepat. Hukum Bernoulli ditemukan oleh Daniel Bernoulli, seorang matematikawan swiss yang menemukan pada 1700-an (Halliday et al,2010: 401)

Persamaan Bernoulli memiliki hubungan antara tekanan, kecepatan fluida, dan elevasi dalam sistem aliran. Secara umum hukum Bernoulli menyatakan bahwa tekanan suatu fluida ditempat yang kecepatannya tinggi lebih kecil dibandingkan dengan fluida yang kecepatannya rendah. Jadi , semakin besar kecepatan fluida dalam suatu pipa maka tekanan yang dihasilkan akan semakin kecil, dan sebaliknya semakin kecil kecepatan fluida dalam suatu fluida maka tekanan yang dihasilkan akan semakin besar.sebagaimana mestinya, untuk menurunkan hukum Bernoulli dapat dilihat melalui ilustrasi gambar 2.3 berikut;



**Gambar 2.3** Ilustrasi untuk menurunkan Hukum Bernoulli

Elemen fluida pada lokasi 1

$$K_1 = \frac{1}{2} \Delta m v_1^2 = \frac{1}{2} \rho \Delta V v_1^2$$

$$U_1 = \Delta m g \cdot h_1 = \rho \Delta V g \cdot h_1$$

$$EM_1 = K_1 + U_1 = \frac{1}{2} \rho \Delta v_1^2 + \rho \Delta V g \cdot h_1 \quad (2.1)$$

Elemen fluida pada lokasi 2

$$K_2 = \frac{1}{2} \Delta m v_2^2 = \frac{1}{2} \rho \Delta V v_2^2$$

$$U_2 = \Delta m g h_2 = \rho \Delta V g h_2$$

$$EM_2 = K_2 + U_2 = \frac{1}{2} \rho \Delta v_2^2 + \rho \Delta V g h_2 \quad (2.2)$$

Elemen pada lokasi 1 dikenai gaya non konservatif  $F_1 = P_1 \cdot A_1$  dan berpindah sejauh  $\Delta x_1$  searah gaya. Dengan demikian, usaha yang dilakukan gaya tersebut adalah

$$W_1 = F_1 \cdot \Delta x_1 = P_1 A_1 \cdot \Delta x_1 = P_1 \Delta V \quad (2.3)$$

Elemen pada lokasi 2 dikenai gaya non konservatif  $F_2 = P_2 \cdot A_2$  dan berpindah sejauh  $\Delta x_2$  dalam arah berlawanan gaya. Dengan demikian, usaha yang dilakukan tersebut adalah

$$W_2 = -F_2 \cdot \Delta x_2 = P_2 A_2 \cdot \Delta x_2 = P_2 \Delta V \quad (2.4)$$

Kerja non konservatif total yang bekerja pada elemen fluida adalah

$$W = W_1 + W_2 = P_1 \Delta V - P_2 \Delta V = (P_1 - P_2) \Delta V \quad (2.5)$$

Selama bergerak dari lokasi 1 ke lokasi 2, elemen fluida mengalami perubahan energi mekanik

$$\Delta EM = EM_2 - EM_1$$

$$\Delta EM = \left( \frac{1}{2} \rho \Delta V v_2^2 + \rho \Delta V g h_2 \right) - \left( \frac{1}{2} \rho \Delta V v_1^2 + \rho \Delta V g h_1 \right) \quad (2.6)$$

Berdasarkan prinsip usaha energi, usaha oleh gaya non konservatif sama dengan perubahan energi mekanik benda. Dengan menggunakan persamaan (2.6)

dan (2.7) didapatkan:

$$W = \Delta EM$$

$$(P_1 - P_2)\Delta V = \left(\frac{1}{2}\rho\Delta V v_2^2 + \rho\Delta V g h_2\right) - \left(\frac{1}{2}\rho\Delta V v_1^2 + \rho\Delta V g h_1\right) \quad (2.7)$$

Hilangkan  $\Delta V$  pada kedua ruas persamaan (2.7) sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} (P_1 - P_2) &= \left(\frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g \cdot h_2\right) - \left(\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g \cdot h_1\right) \\ P_1 - P_2 &= \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 \\ P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 &= P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \end{aligned} \quad (2.8)$$

Persamaan dikenal dengan **Hukum Bernoulli**.

(Abdullah, 2007: 266-268)

### 2.1.3 Gerak Jatuh Bebas

Gerak jatuh bebas adalah gerak lurus berubah beraturan dengan kecepatan awal nol dan mengalami percepatan gravitasi ( $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ). sebenarnya nilai  $g$  sedikit bervariasi menurut lintang dan ketinggian, namun variasi ini begitu kecil sehingga dapat mengabaikannya. Efek hambatan udara seringkali kecil dan akan mengabaikan dalam banyak bagian. Benda jatuh bebas dapat menggunakan persamaan  $v = v_0 + at$ .

Untuk  $a$  gunakan nilai numeric  $g$ , maka :

$$v = v_0 + gt \quad (2.9)$$

Ketinggian yang dicapai dapat menggunakan persamaan :

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

Dengan  $v_0 = 0$  dan  $x_0 = 0$  dan untuk  $a$  gunakan nilai numeric  $g$ , maka :

$$x = \frac{1}{2}gt^2$$

Untuk  $x$  kita gunakan nilai numeric  $h$ , maka :

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

waktu yang dibutuhkan benda untuk sampai ketanah dengan ketinggian  $h$  adalah :

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (2.10)$$

Persamaan  $v = v_0 + gt$  dengan  $v_0 = 0$  menjadi :

$$v = v_0 + g\sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ atau } v = \sqrt{2gh} \quad (2.11)$$

(Giancoli,2009)

## 2.2 Aliran Air

### 2.2.1 Karakteristik Aliran Fluida

Mekanika fluida adalah ilmu yang mempelajari tentang tipe-tipe aliran fluida dalam medium yang berbeda kategori, dibagi berdasarkan sifat-sifat yang paling dominan dari aliran tersebut , atau berdasarkan jenis dari fluida yang terkait.

Berdasarkan pergerakannya aliran fluida terdiri dari:

#### a. Steady flow

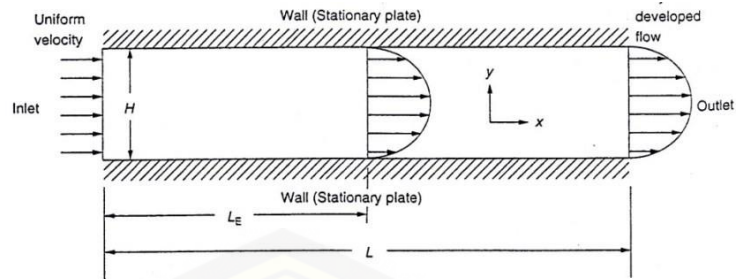
Steady flow merupakan suatu aliran fluida dimana kecepatannya tidak terpengaruh oleh perubahan waktu, sehingga kecepatan konstan pada setiap titik pada aliran tersebut.

#### b. Non Steady Flow

Non Steady Flow terjadi apabila ada suatu perubahan kecepatan pada aliran tersebut terhadap perubahan waktu

#### c. Uniform Flow

Uniform Flow (Aliran seragam) merupakan aliran dengan kecepatan rata-rata sepanjang alur aliran adalah sama sepanjang waktu. Aliran dikatakan seragam, jika kedalaman aliran sama pada setiap penampang saluran. Aliran seragam dianggap aliran mantap dan satu dimensi yang berarti kecepatan aliran disetiap titik berubah. Umumnya aliran seragam pada saluran terbuka dengan tampang lintang prisma adalah aliran dengan kecepatan konstan dan kedalam air konstan. Aliran seragam memiliki permukaan aliran air sejajar dengan permukaan dasar saluran, sehingga kecepatan dan kedalaman aliran disebut dalam kondisi seimbang.



**Gambar 2.4** Uniform Flow

( Harseno. 2007:3)

#### d. Non Uniform Flow

Aliran ini terjadi jika besar dan arah vektor-vektor kecepatan fluida selalu berubah terhadap lintasannya. Ini terjadi apabila luas penampang medium fluida juga berubah.

(Ahmad Indra, 2012 : 1)

#### 2.2.2 Aliran pada Saluran Pipa

Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh (Triatmojo 1996 : 25). Fluida yang dialirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Apabila zat cair didalam pipa tidak penuh maka aliran termasuk dalam aliran saluran terbuka atau karena tekanan didalam pipa sama dengan tekanan atmosfer (zat cair didalam pipa tidak penuh), aliran termasuk dalam pengaliran terbuka. Karena mempunyai permukaan bebas, maka fluida yang dialirkan dalam zat cair. Tekanan dipermukaan zat cair disepanjang saluran terbuka adalah tekanan atmosfer.

Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan aliran pada pipa adalah adanya permukaan yang bebas yang ( hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka. Jadi seandainya pada pipa alirannya tidak penuh sehingga masih ada rongga yang berisi udara maka sifat dan karakteristik alirannya sama dengan aliran pada saluran terbuka (kodoaties, 2002 : 215). Misalnya aliran air pada gorong-gorong, pada kondisi saluran penuh air, desainnya harus mengikuti kaidah pada aliran pada pipa , namun bila mana aliran air pada

gorong-gorong didesain tidak penuh maka sifat alirannya adalah sama dengan aliran pada saluran terbuka. Perbedaan lainnya adalah saluran terbuka mempunyai kedalaman air ( $y$ ), sedangkan pada pipa kedalam air tersebut ditransformasikan berupa ( $P/y$ ). oleh karena itu konsep analisis aliran pada pipa harus dalam kondisi pipa terisi penuh dengan air. (Ranald, 1993: 169)

Zat cair riil didefinisikan sebagai zat yang mempunyai kekentalan, berbeda dengan zat air ideal yang tidak mempunyai kekentalan. Kekentalan disebabkan karena adanya sifat kohesi antara partikel zat cair, karena adanya kekentalan zat cair maka terjadi perbedaan kecepatan partikel dalam medan aliran. Partikel zat cair yang berdampingan dengan dinding batas akan diam (kecepatan nol) sedang yang terletak pada suatu jarak tertentu dari dinding akan bergerak. perubahan kecepatan tersebut merupakan fungsi jarak dari dinding batas. Aliran zat cair riil disebut juga aliran viskos.

### 2.2.3 Sifat Umum Aliran Pipa

#### a. Aliran Laminer atau Turbulen

Aliran fluida didalam sebuah pipa mungkin merupakan aliran laminar atau turbulen. Ilmuwan dan ahli matematika inggris yang bernama Osborne Reynolds adalah orang yang pertama kali membedakan dua klasifikasi aliran ini. Jika air mengalir melalui sebuah pipa berdiameter  $D$  dengan kecepatan rata – rata  $V$ , sifat tersebut dapat diamati dengan menginjeksikan zat pewarna yang mengambang. Untuk “ laju aliran yang cukup kecil” guratan zat pewarna ( sebuah garis gurat) akan tetap berupa garis yang terlihat jelas selama mengalir, dengan hanya sedikit saja menjadi kabur karena difusi molekuler dari zat pewarna ke air disekelilingnya., untuk “ Laju aliran yang cukup besar “ guratan zat pewarnadengan sangat segera menjadi kabur dan menyebar di seluruh pipa dengan pola yang acak, sedangkan “ laju aliran sedang “ yang lebih besar, gurata zat pewarna berfluktasi menuru waktu dan ruang, dan olakan putus – putus dengan perilaku tak beraturan muncul disepanjang guratan. Ketiga karateristik ini masing – masing disebut sebagai aliran laminar,turbulen dan transisi.

Untuk aliran laminar didalam sebuah pipa, terdapat hanya satu komponen kecepatan,  $V = u I$  . Untuk aliran turbulen komponen kecepatan yang mendominasi juga searah panjang pipa , tetapi tidak tunak (acak) dan disertai dengan komponen – komponen acak yang normal terhadap sumbu pipa,  $V = u\hat{i} + v\hat{j} + w\hat{k}$  . Gerakan seperti itu didalam sebuah aliran yang biasa terlalu cepat terjadinya untuk bisa diikuti oleh penglihatan kita.

Perbedaan antara aliran pipa laminar dan turbulen dan ketergantungannya terhadap sebuah besaran tak berdimensi yang sesuai pertama kali ditunjukkan oleh (Osborne Reynolds pada tahun 18830. Kisaran bilangan Reynolds dimana akan diperoleh aliran pipa yang laminar, transisi atau turbulen tidak dapat ditentukan dengan tepat. Transisi yang actual dari aliran laminar keturbulen mungkin berlangsung pada berbagai bilangan Reynold, tergantung pada berapa besar aliran terganggu oleh getaran pipa, kekasaran dari daerah masuk, dan hal – hal sejenis lainnya. Nilai – Nilai berikut cukup memadai : Aliran didalam Pipa bundar adalah laminar jika bilangan Reynoldnya kuran dari kira – kira 2100. Aliran didalam pipa bundar adalah turbulen jika bilangan Reynoldnya lebih besar dari kira – kira 4000. Untuk bilangan Reynoldnya diantara kedua batas ini, aliran mungkin berubah dari keadaan laminar menjadi turbulen dengan perilaku acak yang jelas (aliran transisi).

(Bruce R, 2005 : 5)

## b. Tipe –Tipe Aliran

### 1. Aliran Laminer

Sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan atau laminar dengan satu lapisan meluncur secara lancer. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan relative antara lapisan, sehingga aliran laminar memenuhi pasti hukum viskosias Newton yaitu :

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

### 2. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Ketika kecepatan aliran itu bertambah atau viskositasnya berkurang

maka gangguan-gangguan akan terus teramati dan semakin membesar serta kuat yang akhirnya suatu keadaan peralihan tercapai. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut geometri aliran.

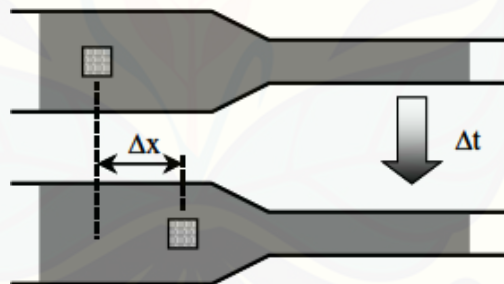
### 3. Aliran Turbulen

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala besar.

(Ahmad Indra, 2012 :1)

#### 2.2.4 Laju Aliran Fluida

Salah satu besaran yang penting dalam mempelajari fluida bergerak adalah laju aliran fluida. Laju aliran mengukur jarak yang ditempuh satu elemen dalam fluida per satuan waktu. Sebuah elemen fluida yang berpindah sejauh  $\Delta x$  dalam selang waktu  $\Delta t$  mempunyai persamaan laju aliran fluida  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ , seperti ditunjukkan pada gambar 2.5



**Gambar 2.5** Selama selang waktu  $\Delta t$ , elemen dalam fluida berpindah sejauh  $\Delta x$

(Abdullah, 2007: 262-262)

### 2.3 Software Kinovea

Kinovea adalah perangkat lunak bebas dan solusi open source untuk analisis video. Hal ini banyak digunakan oleh pelatih olahraga untuk mempelajari atau mengomentari sebuah pertunjukan. Control video kinovea memungkinkan peneliti untuk fokus pada tindakan tertentu dalam video dan menjelajahi struktur gerakan, bingkai demi bingkai atau gerakan lambat.



Selain itu, alat gambar untuk memperkaya video dengan penambahan panah, deskripsi dan konten lainnya untuk gambar kunci. Alat dan stopwatch online untuk mengukur jarak dan waktu. Alat pemodelan semi otomatis memungkinkan untuk mengikuti jalur sebuah titik, atau benda untuk menghitung lintasan, dan akibatnya, jarak yang ditempuh atau kecepatan yang terekspresikan. (Gaetano,2012:301)

Beberapa kelebihan dari program ini adalah; dapat melakukan observasi menggunakan program *software kinovea*, dapat melakukan pengukuran yang dilakukan menggunakan program *software kinovea*, dapat melakukan perbandingan video sehingga dapat lebih mudah menganalisis hasil video, dll. Keuntungan utama kinovea adalah kemudahan penggunaan dan analisis tanpa menggunakan sensor fisik. Selain itu, gratis dan bisa digunakan untuk pengukuran dalam proses rehabilitasi. (Guzman, 2013:360).

Sehingga dengan adanya *software kinovea* peneliti bisa melihat langsung gerakan aliran air yang telah diperlambat. Peneliti juga dapat menangkap detail hasil yang didapat dari video serta membantu untuk meningkatkan hasil analisis dengan mudah dan cara cepat.

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif ini bersifat deduktif, berdasarkan teori/konsep yang bersifat umum diaplikasikan untuk menjelaskan tentang seperangkat data. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji *Software Kinovea* menggunakan materi fluida dinamis melalui media aliran air PDAM.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji *Software Kinovea* menggunakan materi fluida dinamis melalui media aliran air PDAM. Penelitian ini dilaksanakan di salah satu perumahan warga semeru gang 17, kabupaten jember kecamatan sumpersari. Waktu penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2018.

### 3.3 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel

Variabel beserta definisi operasionalnya dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 3.3.1 Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas merupakan variabel yang menjadi titik acuan perlakuan dan menghasilkan variable terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu, dan luas penampang.
- b. Variabel terikat merupakan variabel yang merupakan hasil dari perlakuan variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah debit aliran air dan kecepatan aliran air.
- c. Variabel kontrol merupakan variabel yang dibuat sama atau tetap. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah sudut, volume air.

### 3.3.2 Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional variabel dijelaskan untuk menghindari pengertian yang meluas atau perbedaan persepsi dalam penelitian ini. Adapun definisi operasional variabel yang terdapat pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

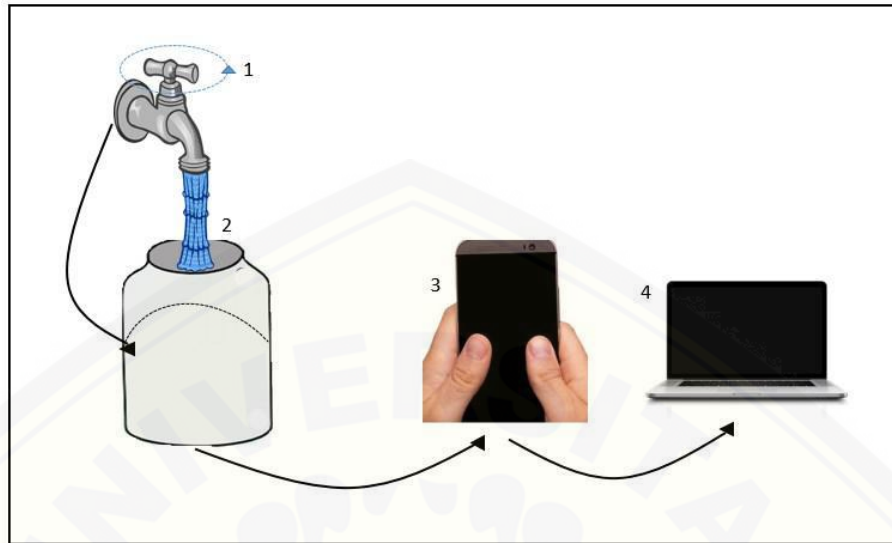
- a. Debit air adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melalui gerakan aliran air kran PDAM, dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan SI meter kubik per detik ( $m^3/dt$ ). Pengukuran debit pada aliran air PDAM dapat dilakukan juga menggunakan rumus  $= v \cdot A$ , dimana  $v$  adalah kecepatan aliran air dan  $A$  adalah luas penampang aliran.
- b. *Software Kinovea* merupakan alat analisis video yang biasa di didikasikan untuk olahraga. Fungsi *Software Kinovea* sendiri untuk mengamati gerakan yang didapat dari video, gerakan yang didapat dari video dapat di slow motion (diperlambat), sehingga dapat direkam dan diamati hasilnya.

### 3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan penelitian yang digunakan untuk meneliti aliran air PDAM adalah:

- a. Gelas Ukur, untuk mengukur volume;
- b. Busur, untuk mengukur sudut putar kran;
- c. Hp kamera dengan kualitas baik, untuk mendokumentasikan pelaksanaan penelitian;
- d. Alat tulis dan buku catatan: untuk mencatat hasil pengamatan;
- e. Laptop, untuk analisa data atau video.

### 1.5 Desain Alat Penelitian



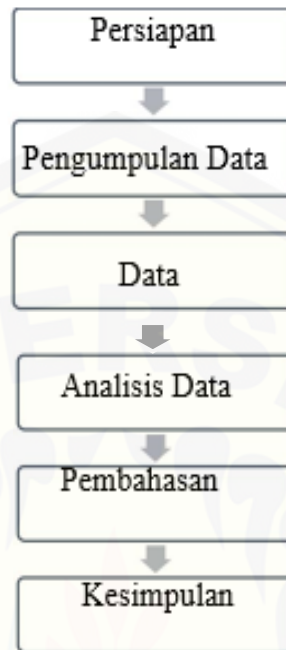
**Gambar 3.1** Desain alat penelitian

Keterangan :

1. Putaran kran yang dapat diubah sudut putarnya
2. Gelas Ukur
3. Handphone berfungsi untuk merekam hasil video
4. Laptop berfungsi untuk memasukkan data video lalu dianalisis menggunakan software kinovea

### 3.6 Alur Penelitian

Penelitian ini memiliki alur sebagai berikut:



Gambar 3.2 Bagan alur penelitian

### 3.7 Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengukuran debit pada detik dan volume yang berbeda
  1. Mengukur ketinggian air kran dari dasar menggunakan penggaris
  2. Meletakkan gelas ukur tepat dibawah aliran air.
  3. Merekam aliran air yang keluar dari kran pada saat putaran kran dibuka 30 derajat, 60 derajat dan 90 derajat secara bergantian dengan volume yang telah ditentukan
  4. Memasukkan hasil rekaman video kedalam laptop, lalu hasil video dianalisis menggunakan *software kinovea*
  5. Menghitung debit air kran secara matematis menggunakan rumus;

$$Q = \frac{Volume}{waktu}$$

6. Mencatat data hasil penelitian pada tabel 3.1

- b. Mengukur Kecepatan Aliran Air pada Sudut Putar Kran PDAM berbeda-beda.
1. Membuka kran dengan sudut putar yang berbeda-beda yaitu 30 derajat, 60 derajat, dan 90 derajat
  2. Merekam kecepatan aliran air yang keluar dari kran pada saat putaran kran dibuka
  3. Memasukkan hasil video kedalam laptop, lalu hasil video dianalisis menggunakan *software kinovea*
  4. Menghitung besar kecepatan ( $v$ ) aliran air kran ketika jatuh secara matematis menggunakan rumus gerak jatuh bebas :

$$v = \frac{\text{Debit}}{\text{Luas Penampang}}$$

5. Menghitung luas penampang secara otomatis menggunakan perhitungan

$$A = \pi r^2$$

6. Mencatat hasil data penelitian pada table 3.2

### 3.8 Teknik Analisis Data

Penyajian data merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan agar data dapat dipahami dan dianalisis sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Data hasil pengukuran yang menggunakan video berdasarkan observasi lapangan akan diolah, dibandingkan dan dianalisis untuk menjawab pertanyaan pada rumusan masalah. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali dengan sudut yang berbeda yaitu  $30^\circ$  ,  $60^\circ$  ,  $90^\circ$  , volume yang berbeda yaitu  $5 \times 10^{-4} m^3$  ,  $4 \times 10^{-4} m^3$  dan  $3 \times 10^{-4} m^3$ . Masing-masing pengukuran dilakukan 5 kali. Adapun data yang diperoleh dari penelitian dimasukkan kedalam tabel seperti berikut :

Tabel 3.1 Tabel Hasil Pengukuran debit pada detik dan volume yang berbeda

No	Ketinggian (cm)	Volume ( $m^3$ )	Sudut Bukaan ( $^{\circ}$ )	Waktu (det)	Debit ( $m^3/s$ )
1					
			Rata-rata		
2	50				
			Rata-rata		
3					
			Rata-rata		

Untuk tabel 3.2 menggunakan pengukuran sebanyak 3 kali dengan sudut yang berbeda yaitu  $30^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  dengan luas penampang  $7.3 \times 10^{-6} m^3$ ,  $1.46 \times 10^{-6} m^3$  dan  $2.2 \times 10^{-6} m^3$  dan dari masing-masing pengukuran dilakukan 5 kali pengulangan. Adapun data yang diperoleh dari penelitian dimasukkan kedalam tabel seperti berikut :

Tabel 3.2 Tabel Hasil Pengukuran kecepatan aliran air pada sudut putar kran yang berbeda

No	Sudut Bukaan (°)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Kecepatan (m/s)
1			_____
			_____
			_____
			_____
Rata-rata			_____
2			_____
			_____
			_____
			_____
Rata-rata			_____
3			_____
			_____
			_____
			_____
Rata-rata			_____

Data-data tersebut kemudian dianalisis untuk mengkaji fluida dinamis pada titik pengukuran yang sudah ditentukan. Hasil kajian ini kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran yang tanpa menggunakan video dan tanpa *Software Kinovea*.

### 3.8.1 Menghitung kesalahan mutlak pengukuran untuk debit

1. Kesalahan Mutlak  $\Delta Q = \sqrt{\frac{\sum(Q-\bar{Q})^2}{n-1}}$
2. Kesalahan relative (I) =  $\frac{\Delta Q}{q} \times 100\%$
3. Keseksamaan = 100% - Kesalahan relative (I)
4. Hp = Q ± ΔQ



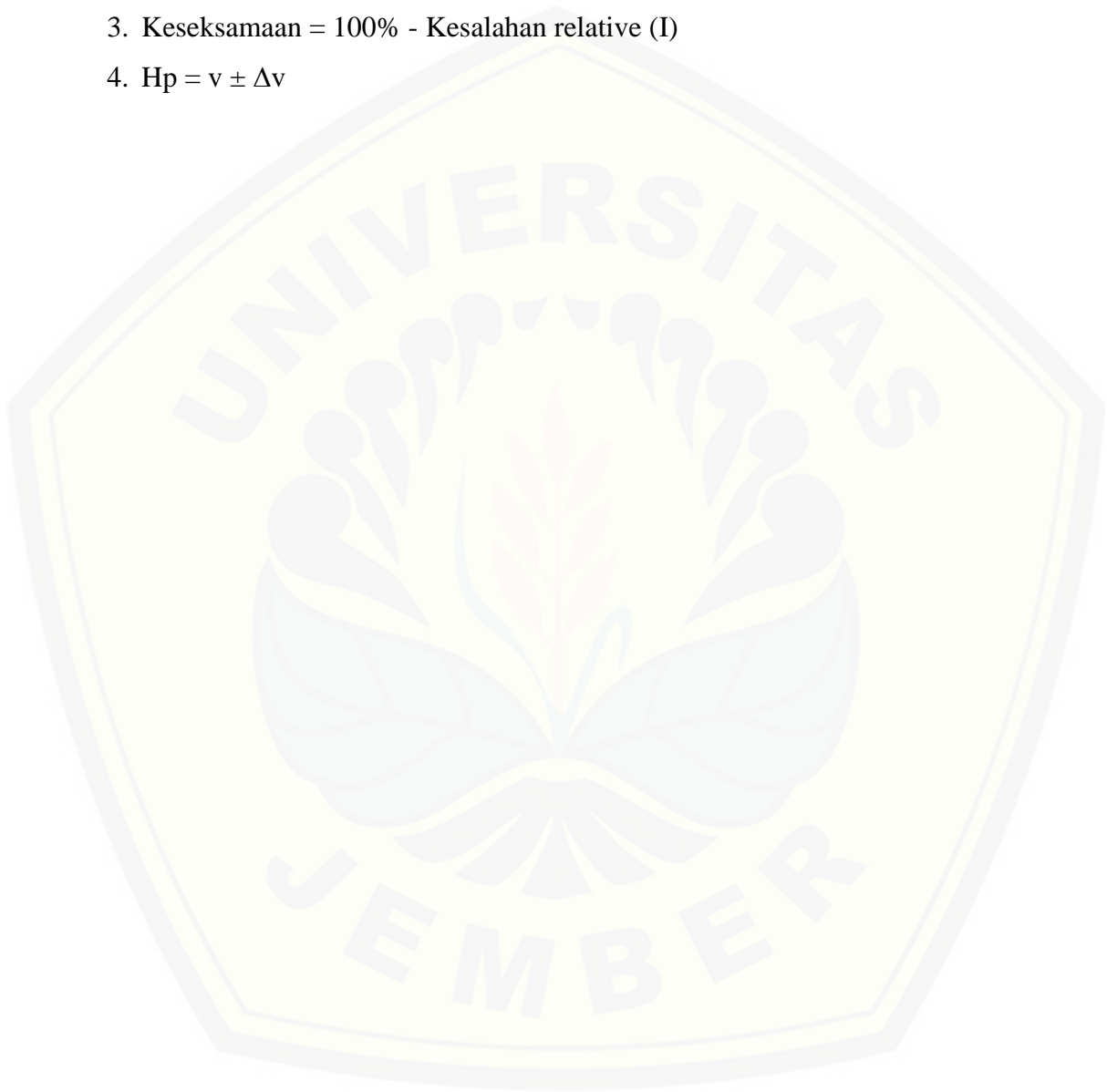
### 3.8.2 Menghitung kesalahan mutlak pengukuran untuk kecepatan

1. Kesalahan Mutlak  $\Delta v = \sqrt{\frac{\sum(v-\bar{v})^2}{n-1}}$

2. Kesalahan relative (I) =  $\frac{\Delta v}{q} \times 100\%$

3. Keseksamaan = 100% - Kesalahan relative (I)

4.  $H_p = v \pm \Delta v$



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan *software kinovea* kurang baik digunakan sebagai alat ukur pada konsep fluida dinamis, baik pada pengukuran debit maupun pengukuran kecepatan. Sehingga *software kinovea* ini lebih baik digunakan untuk pengukuran gerak yang memiliki 2 sumbu yaitu sumbu x dan sumbu y seperti pada gerak parabola.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka saran yang dapat diajukan adalah :

- a. Bagi peneliti, dapat dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut pada pendidikan S2.
- b. Bagi guru dapat dijadikan sebagai gambaran atau sumber rujukan dalam melaksanakan analisis gerakan menggunakan *software kinovea* dengan memperhatikan hasil kelemahan peneliti.
- c. Bagi peneliti lain, simulasi yang menggunakan Software Virtual sebaiknya sebelumnya diuji coba sebelum dilakukan praktikum atau simulasi.
- d. Bagi siswa, sebagai simulasi pembelajaran pada konsep fisika gerak parabola.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdullah. 2007. *Fisika Dasar 1*. Bandung: ITB.
- Indra, A., Ridwan., Nursyamsu, A. 2015. Analisa Aliran Fluida dalam Pipa Spiral pada Variasi PITCH dengan menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD). *Jurnal Pendidikan Fisika*, Vol.1 No.9.
- Brahim, K. T. 2007. Peningkatan Hasil Belajar Sains Siswa Kelas IV Sekolah Dasar, Melalui Pendekatan Pemanfaatan Sumber Daya Alam Hayati di Lingkungan Sekitar. *Jurnal Pendidikan Penabur*. Vol. 09 (6) : 37-49.
- Bruce R. Munson & Donald F. Young *Mekanika Fluida, Jilid 1*, Jakarta : Erlangga 2005
- Departemen Pendidikan Nasional. 2007. Pengembangan Bahan Ajar. On line at <http://ktsp.diknas.go.id>. [15 desember 2016]
- Diknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas.
- Fathiah, I. Kaniawati, dan S. Utari. 2015. Analisis didaktik pembelajaran yang dapat meningkatkan korelasi antara pemahaman konsep dan kemampuan pemecahan masalah siswa sma pada materi fluida dinamis. *JPPPF – Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*. 1 (1): 111-118.
- Gaetano. 2013. An Eksperimental Study On Aerobic Gymnastic Performance Analysis As An Effective Evaluation For Teahnique and Teaching Of Motor Gestures. Volume 8. *Journal Of Human Sport and Exercise*: 301-302
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika. Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Guzman. 2013. Tgerapeutic Motion Analysis Of Lower Limbs Using Kinovea. Vol. 3 *Internatonal Journal Of Soft Computing and Engineering*: 359-365
- Halliday, dkk. 2010. *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Harseno. 2007. Studi Eksperimental aliran berubah beraturan pada saluran terbuka bentuk prismatis. *Jurnal Ilmiah UKRIM*. 2(XII): 1-26.

- Jaya. 2012. Pengembangan Modul Fisika Kontekstual Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas X Semester 2 di SMK Negeri 3 Singaraja. *Jurnal Teknologi Pembelajaran*. Vol. 1 (2): 1-24.
- Kodoatie, Robert. 2001. Hidrolika Terapan Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa. Yogyakarta : Andi Offset
- Komalasari, K. 2010. *Pembelajaran Kontekstual Konsep dan Aplikasi*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Marlina, R. 2013. Pemanfaatan Lingkungan Lokal dalam Laboratorium Berbasis Inkuiri Terhadap Kerja Ilmiah Mahasiswa Calon Guru Biologi. *Jurnal Visi Ilmu Pendidikan*. Vol. 10 (1) : 1052-1060.
- Pelita Kerawang online.2011. Sejarah Singkat Lesson Study [Online]:<http://www.pelitakerawang.com/2011/01/sejarah-singkat-lesson-study.html> [2 februari 2012]
- Ranald. 1993. *Mekanika Fluida & Hidraulika*. Jakarta: Erlangga.
- Ridwan. ST., MT, dkk. 2013. Analisa Aliran Fluida Dalam Pipa Spiral Pada Variasu Pitch Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics ( CFD). *Jurnal Universitas Gunadarma*. (1)
- Singgih, Eko. 2012. Analisa Aliran Fluida Pada Pipa Acrylic Diameter 12,7 mm (0,5 inci ) dan 38,1 mm (1,5 inci). *Jurnal Fakultas Teknologi Industri*.
- Trianto. 2011. *Model Pembelajaran Terpadu: Konsep, Strategi, dan Implementasi dalam KTSP*. Jakarta : Bumi Aksara



		90	0.62	$8.06 \times 10^{-4}$			
			0.61	$8.19 \times 10^{-4}$			
			0.67	$7.46 \times 10^{-4}$			
			0.68	$7.35 \times 10^{-4}$			
	<b>Total</b>			$38.41 \times 10^{-4}$			
	<b>Rata-rata</b>			$7.682 \times 10^{-4}$			
2	<b>Volume</b> ( $m^3$ )	<b>Sudut</b> ( $^\circ$ )	<b>Waktu</b> (det)	<b>Debit</b> ( $m^3/s$ )	<b>Standart</b> <b>Deviasi</b>	<b>Kesalahan</b> <b>Relatif</b>	<b>Keseksamaan</b>
	$4 \times 10^{-4}$	30	14.12	$2.83 \times 10^{-5}$	$0.02 \times 10^{-5}$	0.9%	99.10%
			14.44	$2.77 \times 10^{-5}$			
			14.1	$2.83 \times 10^{-5}$			
			14.21	$2.81 \times 10^{-5}$			
			14.3	$2.79 \times 10^{-5}$			
	<b>Total</b>			$14.03 \times 10^{-5}$			
	<b>Rata-rata</b>			$2.806 \times 10^{-5}$			
	<b>Volume</b> ( $m^3$ )	<b>Sudut</b> ( $^\circ$ )	<b>Waktu</b> (det)	<b>Debit</b> ( $m^3/s$ )	<b>Standart</b> <b>Deviasi</b>	<b>Kesalahan</b> <b>Relatif</b>	<b>Keseksamaan</b>
	$4 \times 10^{-4}$	60	0.74	$5.4 \times 10^{-4}$	$0.5 \times 10^{-4}$	9%	91%
0.62			$6.46 \times 10^{-4}$				
0.72			$5.55 \times 10^{-4}$				
0.81			$4.93 \times 10^{-4}$				
0.73			$5.47 \times 10^{-4}$				
<b>Total</b>			$27.8 \times 10^{-4}$				
<b>Rata-rata</b>			$5.56 \times 10^{-4}$				
<b>Volume</b>	<b>Sudut</b>	<b>Waktu</b>	<b>Debit</b>	<b>Standart</b>	<b>Kesalahan</b>	<b>Keseksamaan</b>	

	$(m^3)$	$(^\circ)$	<b>(det)</b>	$(m^3/s)$	<b>Deviasi</b>	<b>Relatif</b>	
	$4 \times 10^{-4}$	90	0.36	$1.11 \times 10^{-3}$	$0.02 \times 10^{-3}$	2%	98%
			0.35	$1.14 \times 10^{-3}$			
			0.37	$1.1 \times 10^{-3}$			
			0.34	$1.17 \times 10^{-3}$			
			0.35	$1.14 \times 10^{-3}$			
	<b>Total</b>			$5.66 \times 10^{-3}$			
<b>Rata-rata</b>			$1.132 \times 10^{-3}$				
3	<b>Volume</b> $(m^3)$	<b>Sudut</b> $(^\circ)$	<b>Waktu</b> <b>(det)</b>	<b>Debit</b> $(m^3/s)$	<b>Standart</b> <b>Deviasi</b>	<b>Kesalahan</b> <b>Relatif</b>	<b>Keseksamaan</b>
	$3 \times 10^{-4}$	30	10.6	$2.83 \times 10^{-5}$	$0.02 \times 10^{-5}$	0.7%	99.3%
			10.56	$2.84 \times 10^{-5}$			
			10.65	$2.81 \times 10^{-5}$			
			10.65	$2.81 \times 10^{-5}$			
			10.52	$2.85 \times 10^{-5}$			
	<b>Total</b>			$14.14 \times 10^{-4}$			
	<b>Rata-rata</b>			$2.828 \times 10^{-5}$			
	<b>Volume</b> $(m^3)$	<b>Sudut</b> $(^\circ)$	<b>Waktu</b> <b>(det)</b>	<b>Debit</b> $(m^3/s)$	<b>Standart</b> <b>Deviasi</b>	<b>Kesalahan</b> <b>Relatif</b>	<b>Keseksamaan</b>
	$3 \times 10^{-4}$	60	0.68	$4.41 \times 10^{-4}$	$0.1 \times 10^{-4}$	3%	97%
0.64			$4.68 \times 10^{-4}$				
0.68			$4.41 \times 10^{-4}$				
0.64			$4.68 \times 10^{-4}$				
0.68			$4.41 \times 10^{-4}$				
<b>Total</b>			$22.59 \times 10^{-4}$				

Rata-rata			$4.518 \times 10^{-4}$			
Volume ( $m^3$ )	Sudut ( $^\circ$ )	Waktu (det)	Debit ( $m^3/s$ )	Standart Deviasi	Kesalahan Relatif	Keseksamaan
$3 \times 10^{-4}$	90	0.25	$1.2 \times 10^{-3}$	$0.6 \times 10^{-3}$	5%	95%
		0.23	$1.3 \times 10^{-3}$			
		0.26	$1.15 \times 10^{-3}$			
		0.23	$1.3 \times 10^{-3}$			
		0.24	$1.2 \times 10^{-3}$			
<b>Total</b>			$6.15 \times 10^{-3}$			
<b>Rata-rata</b>			$1.33 \times 10^{-3}$			

Tabel A2. Data hasil eksperimen debit pada detik dan volume yang berbeda

No	Volume ( $m^3$ )	Sudut ( $^\circ$ )	Waktu (det)	Debit ( $m^3/s$ )	Standart Deviasi	Kesalahan Relatif	Keseksamaan
1	$5 \times 10^{-4}$	30	16.42	$3.04 \times 10^{-5}$	$0.04 \times 10^{-5}$	1%	99%
			16.78	$2.97 \times 10^{-5}$			
			16.72	$2.99 \times 10^{-5}$			
			16.33	$3.06 \times 10^{-5}$			
			16.82	$2.97 \times 10^{-5}$			
	<b>Total</b>			$15.03 \times 10^{-5}$			
	<b>Rata-rata</b>			$3.006 \times 10^{-5}$			
	Volume ( $m^3$ )	Sudut ( $^\circ$ )	Waktu (det)	Debit ( $m^3/s$ )	Standart Deviasi	Kesalahan Relatif	Keseksamaan



	$5 \times 10^{-4}$	60	3.34	$1.49 \times 10^{-4}$	$0.1 \times 10^{-4}$	9%	91%
			3.2	$1.56 \times 10^{-4}$			
			2.94	$1.7 \times 10^{-4}$			
			2.89	$1.73 \times 10^{-4}$			
			2.63	$1.9 \times 10^{-4}$			
	<b>Total</b>			$8.38 \times 10^{-4}$			
	<b>Rata-rata</b>			$1.676 \times 10^{-4}$			
	<b>Volume</b> ( $m^3$ )	<b>Sudut</b> ( $^\circ$ )	<b>Waktu</b> (det)	<b>Debit</b> ( $m^3/s$ )	<b>Standart</b> <b>Deviasi</b>	<b>Kesalahan</b> <b>Relatif</b>	<b>Keseksamaan</b>
	$5 \times 10^{-4}$	90	1.91	$2.61 \times 10^{-4}$	$0.3 \times 10^{-4}$	1%	99%
			1.59	$3.14 \times 10^{-4}$			
1.79			$2.79 \times 10^{-4}$				
2.17			$2.3 \times 10^{-4}$				
2.11			$2.36 \times 10^{-4}$				
<b>Total</b>			$13.2 \times 10^{-4}$				
<b>Rata-rata</b>			$2.64 \times 10^{-4}$				
2	$4 \times 10^{-4}$	30	12.6	$3.17 \times 10^{-5}$	$0.08 \times 10^{-5}$	2%	98%
			12.37	$3.23 \times 10^{-5}$			
			12.9	$3.1 \times 10^{-5}$			
			13.1	$3.05 \times 10^{-5}$			
			12.34	$3.24 \times 10^{-5}$			
			<b>Total</b>				
	<b>Volume</b> ( $m^3$ )	<b>Sudut</b> ( $^\circ$ )	<b>Waktu</b> (det)	<b>Debit</b> ( $m^3/s$ )	<b>Standart</b> <b>Deviasi</b>	<b>Kesalahan</b> <b>Relatif</b>	<b>Keseksamaan</b>

	<b>Rata-rata</b>			$3.158 \times 10^{-5}$			
	<b>Volume (<math>m^3</math>)</b>	<b>Sudut (<math>^\circ</math>)</b>	<b>Waktu (det)</b>	<b>Debit (<math>m^3/s</math>)</b>	<b>Standart Deviasi</b>	<b>Kesalahan Relatif</b>	<b>Keseksamaan</b>
	$4 \times 10^{-4}$	60	1.97	$2.03 \times 10^{-4}$	$0.1 \times 10^{-4}$	7%	93%
			1.85	$2.16 \times 10^{-4}$			
			1.66	$2.4 \times 10^{-4}$			
			1.97	$2.03 \times 10^{-4}$			
			1.78	$2.24 \times 10^{-4}$			
	<b>Total</b>			$10.86 \times 10^{-3}$			
	<b>Rata-rata</b>			$2.172 \times 10^{-4}$			
	<b>Volume (<math>m^3</math>)</b>	<b>Sudut (<math>^\circ</math>)</b>	<b>Waktu (det)</b>	<b>Debit (<math>m^3/s</math>)</b>	<b>Standart Deviasi</b>	<b>Kesalahan Relatif</b>	<b>Keseksamaan</b>
$4 \times 10^{-4}$	90	1.9	$2.1 \times 10^{-4}$	$0.4 \times 10^{-4}$	10%	90%	
		1.38	$2.89 \times 10^{-4}$				
		1.19	$3.36 \times 10^{-4}$				
		1.39	$2.87 \times 10^{-4}$				
		1.37	$2.91 \times 10^{-4}$				
<b>Total</b>			$14.13 \times 10^{-4}$				
<b>Rata-rata</b>			$2.826 \times 10^{-4}$				
3	<b>Volume (<math>m^3</math>)</b>	<b>Sudut (<math>^\circ</math>)</b>	<b>Waktu (det)</b>	<b>Debit (<math>m^3/s</math>)</b>	<b>Standart Deviasi</b>	<b>Kesalahan Relatif</b>	<b>Keseksamaan</b>
	$3 \times 10^{-4}$	30	9.72	$3.08 \times 10^{-5}$	$0.1 \times 10^{-5}$	3%	97%
			9.07	$3.3 \times 10^{-5}$			
			9.49	$3.16 \times 10^{-5}$			
			9	$3.33 \times 10^{-5}$			

		9.35	$3.2 \times 10^{-5}$			
<b>Total</b>			$16.07 \times 10^{-5}$			
<b>Rata-rata</b>			$3.214 \times 10^{-5}$			
<b>Volume (<math>m^3</math>)</b>	<b>Sudut (<math>^\circ</math>)</b>	<b>Waktu (det)</b>	<b>Debit (<math>m^3/s</math>)</b>	<b>Standart Deviasi</b>	<b>Kesalahan Relatif</b>	<b>Keseksamaan</b>
$3 \times 10^{-4}$	60	1.85	$1.62 \times 10^{-4}$	$0.1 \times 10^{-4}$	6%	93%
		1.97	$1.52 \times 10^{-4}$			
		1.86	$1.61 \times 10^{-4}$			
		1.65	$1.81 \times 10^{-4}$			
		1.86	$1.61 \times 10^{-4}$			
<b>Total</b>			$8.17 \times 10^{-4}$			
<b>Rata-rata</b>			$1.634 \times 10^{-4}$			
<b>Volume (<math>m^3</math>)</b>	<b>Sudut (<math>^\circ</math>)</b>	<b>Waktu (det)</b>	<b>Debit (<math>m^3/s</math>)</b>	<b>Standart Deviasi</b>	<b>Kesalahan Relatif</b>	<b>Keseksamaan</b>
$3 \times 10^{-4}$	90	0.81	$4.41 \times 10^{-4}$	$0.4 \times 10^{-4}$	9%	91%
		0.61	$4.91 \times 10^{-4}$			
		0.56	$5.35 \times 10^{-4}$			
		0.65	$4.61 \times 10^{-4}$			
		0.55	$5.45 \times 10^{-4}$			
<b>Total</b>			$24.73 \times 10^{-4}$			
<b>Rata-rata</b>			$4.946 \times 10^{-4}$			

## LAMPIRAN B

Tabel B1. Data hasil pengukuran kecepatan pada sudut putar kran berbeda menggunakan *software kinovea*

Sudut (°)	Luas Penampang ( $m^3$ )	Kecepatan (m/s)	Standart Deviasi	Kesalahan Relatif	Keseksamaan
30	$7.3 \times 10^{-7}$	9.22	0.8	8%	92%
		9.52			
		8.94			
		10.77			
		10.67			
Rata-rata		2.706			
60	$1.46 \times 10^{-6}$	10.7	0.2	1%	99%
		10.8			
		10.8			
		11.1			
		11.2			
Rata-rata		10.9			
90	$2.2 \times 10^{-6}$	12.04	0.7	5%	95%
		12.5			
		13.1			
		13.1			

		13.9		
Rata-rata		12.9		

**Tabel B2.** Data hasil perhitungan Eksperimen kecepatan pada sudut putar kran berbeda

Vol ( $m^3$ )	Sudut ( $^{\circ}$ )	Luas Penampang ( $m^3$ )	Kecepatan (m/s)	Standart Deviasi	Kesalahan Reelatif	Keseksamaan
$5 \times 10^{-4}$	30	$7.3 \times 10^{-7}$	4.16	0.05	1%	99%
			4.06			
			4.09			
			4.19			
			4.06			
	Rata-rata		4.112			
	60	$1.46 \times 10^{-6}$	106.9	1.13	0.2%	99.8%
			111.6			
			116.4			
			121.4			
			130.13			

	Rata-rata		117.2			
	90	$2.2 \times 10^{-6}$	118.9	15.4	0.2%	99.8%
			142.9			
			126.9			
			104.7			
			107.7			
	Rata-rata		120.2			