



**KAJIAN DINAMIKA FLUIDA PADA ALIRAN AIR TERJUN  
TANCAK KEMBAR KABUPATEN BONDOWOSO  
SEBAGAI RANCANGAN BAHAN  
AJAR FISIKA DI SMA**

**SKRIPSI**

oleh

**Dina Fadilah Aini  
NIM 140210102033**

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



**KAJIAN DINAMIKA FLUIDA PADA ALIRAN AIR TERJUN  
TANCAK KEMBAR KABUPATEN BONDOWOSO  
SEBAGAI RANCANGAN BAHAN  
AJAR FISIKA 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

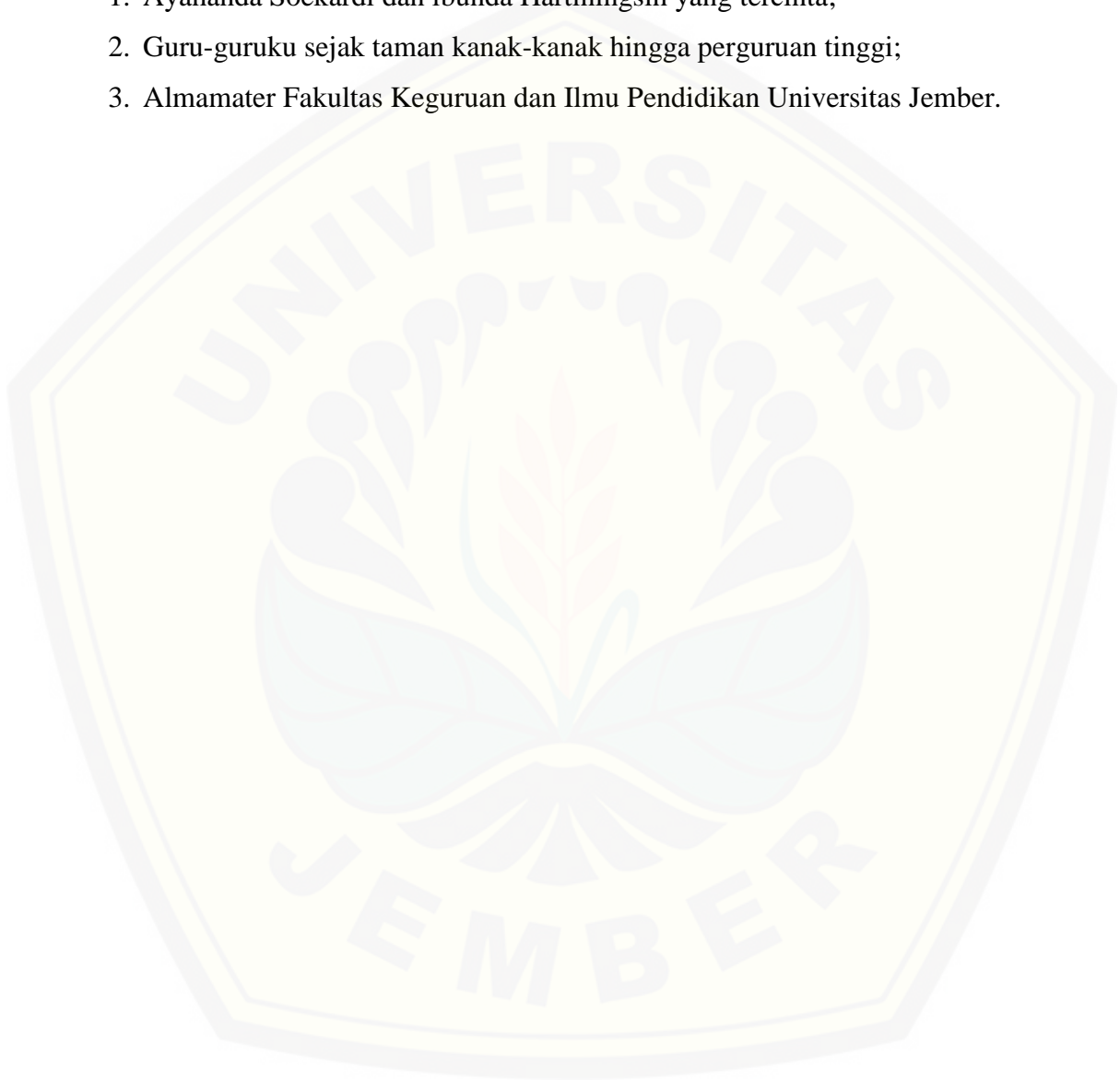
**Dina Fadilah Aini**  
**NIM 140210102033**

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

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ayahanda Soekardi dan ibunda Hartiningsih yang tercinta;
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.



**MOTO**

Katakanlah: “Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman”.  
(terjemahan Surat *Yunus* ayat 101)<sup>\*)</sup>



---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT. Kumudasmoro Grafindo.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Dina Fadilah Aini

NIM : 140210102033

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Kajian Dinamika Fluida pada Aliran Air Terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Maret 2018

Dina Fadilah Aini  
NIM 140210102033

**SKRIPSI**

**KAJIAN DINAMIKA FLUIDA PADA ALIRAN AIR TERJUN  
TANCAK KEMBAR KABUPATEN BONDOWOSO  
SEBAGAI RANCANGAN BAHAN  
AJAR FISIKA DI SMA**

oleh

Dina Fadilah Aini  
NIM 140210102033

Pembimbing

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

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

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Kajian Dinamika Fluida pada Aliran Air Terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika di SMA” karya Dina Fadilah Aini telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 29 Maret 2018

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

**Tim Penguji:**

Ketua,

Sekretaris,

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

Dr. Sri Astutik, M.Si.  
NIP 19670610 199203 2 002

Anggota I,

Anggota II,

Prof. Dr. I Ketut Mahardika, M.Si.  
NIP 19650713 199003 1 002

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

Mengesahkan,  
Dekan,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph. D.  
NIP 19680802 199303 1 004

## RINGKASAN

**Kajian Dinamika Fluida pada Aliran Air Terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika di SMA; Dina Fadilah Aini; 140210102033; 104 halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.**

Kurikulum 2013 menekankan pada kompetensi pedagogik modern dalam pembelajaran, yaitu menggunakan pendekatan ilmiah. Pendekatan ilmiah (*scientific approach*) dalam pembelajaran sebagai mana dimaksud meliputi mengamati, menanya, menalar, mencoba, dan membentuk jejaring untuk semua mata pelajaran. Sedangkan faktanya pembelajaran di sekolah masih bersifat *Teacher Centered Learning* atau berpusat pada guru. Salah satu cara mengatasi kesulitan siswa pada saat pembelajaran agar lebih mudah dimengerti melalui adanya bahan ajar berbasis kontekstual. Aliran air terjun Tancak Kembar merupakan salah satu contoh fenomena fisika dalam kehidupan sehari-hari yang termasuk dalam materi fluida dinamis. sehingga dapat dijadikan penunjang untuk merancang bahan ajar yang bersifat kontekstual. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji dinamika fluida pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso dan untuk merancang bahan ajar fisika berdasarkan hasil kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso.

Penelitian dilaksanakan dalam dua hari dengan adanya variasi jam pada kedua hari tersebut. Pengukuran pertama dilakukan pada hari Sabtu tanggal 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB dan 13.00 WIB. Sedangkan pengukuran kedua dilakukan pada hari Selasa tanggal 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB dan 13.00 WIB. Berdasarkan hasil observasi ditentukan tiga penampang berbeda (lokasi A, B, dan C) dengan tiap lokasi terdiri dari dua penampang yang memiliki luas berbeda. Alat yang digunakan untuk mengukur kedalaman dan lebar penampang aliran adalah penggaris. Sedangkan alat yang digunakan untuk mengukur debit aliran dan kecepatan aliran adalah Arduino Uno yang telah terintegrasi dengan *flow water sensor*. Data yang dikumpulkan berupa data kecepatan aliran ( $v$ ) dan debit



air ( $Q$ ). Data dalam penelitian ini diperoleh melalui dua cara yaitu data primer yang diperoleh dari observasi langsung di lapangan melalui alat ukur berupa Arduino Uno yang terintegrasi dengan *flow water sensor* dan melalui data sekunder yang diperoleh berdasarkan perhitungan matematis. Titik pengukuran berbeda yang diambil berdasarkan kesesuaian rumusan masalah, yakni pada sepanjang aliran sungai air terjun. Hasil kajian ini kemudian digunakan untuk mendeskripsikan rancangan bahan ajar fisika kontekstual berupa *handout* yang sesuai dengan pembelajaran di Sekolah Menengah Atas (SMA).

Pada lokasi A, luas penampangnya berada pada rentang  $1640 \text{ cm}^2$  sampai  $2344,5 \text{ cm}^2$ , kecepatan alirannya berada pada rentang  $6,09 \text{ cm/s}$  sampai  $7,46 \text{ cm/s}$ . Kemudian pada lokasi B, luas penampangnya berada pada rentang  $467 \text{ cm}^2$  sampai  $840 \text{ cm}^2$ , kecepatan alirannya berada pada rentang  $12,13 \text{ cm/s}$  sampai  $22,3 \text{ cm/s}$ . Sedangkan pada lokasi C, luas penampangnya berada pada rentang  $659 \text{ cm}^2$  sampai  $1011 \text{ cm}^2$ , kecepatan alirannya berada pada rentang  $9,85 \text{ cm/s}$  sampai  $13,85 \text{ cm/s}$ . Hasil pengukuran debit pada lokasi A, terdapat perbedaan tiap penampang dengan rentang  $0,2$  sampai  $0,9 \text{ L/s}$ . Kemudian pada lokasi B, terdapat perbedaan tiap penampang dengan rentang  $0,2$  sampai  $0,35 \text{ L/s}$ . Sedangkan pada lokasi C, terdapat perbedaan debit tiap penampang dengan rentang  $0,01$  sampai  $0,36 \text{ L/s}$ . Hasil tersebut dituangkan dalam rancangan bahan ajar berupa *handout*. Materi yang disajikan dalam rancangan *handout* meliputi kecepatan aliran, debit aliran, dan asas kontinuitas

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin besar luas penampang maka kecepatan alirannya akan semakin kecil. Begitu pula sebaliknya, jika semakin kecil luas penampang maka kecepatan alirannya akan semakin besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa luas penampang berbanding terbalik dengan kecepatan alirannya. Kemudian debit aliran selalu sama tiap penampang, sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah air yang mengalir tiap satuan waktu selalu sama tiap penampang.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Dinamika Fluida pada Aliran Air Terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika di SMA”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam 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. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang telah memberikan izin untuk melaksanakan ujian skripsi;
2. Drs. Sri Handono Budi P., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. Sri Astutik, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini;
3. Prof. Dr. I Ketut Mahardika, M.Si. selaku Dosen Penguji Utama, dan Drs. Bambang Supriyadi, M.Sc. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan ide dan saran dalam penulisan skripsi ini;
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, Maret 2018

Penulis,

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Fluida</b> .....	6
<b>2.2 Fluida Dinamis</b> .....	6
2.2.1 Karakteristik Aliran Saluran Terbuka .....	6
2.2.2 Klasifikasi Aliran .....	7
2.2.2 Bentuk Saluran .....	9
2.2.3 Geometri Saluran .....	9
<b>2.3 Kecepatan Aliran Fluida</b> .....	10
<b>2.4 Debit Air</b> .....	11
2.4.1 Cara Mengukur Debit .....	12

2.5 Asas Kontinuitas .....	16
2.6 Bahan Ajar .....	17
2.6.1 Handout .....	19
2.7 Rancangan Bahan Ajar Fluida Dinamis Kontekstual .....	20
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Jenis Penelitian .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>22</b>
3.2.1 Tempat Penelitian .....	22
3.2.2 Waktu Penelitian .....	22
<b>3.3 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel .....</b>	<b>23</b>
3.3.1 Variabel Penelitian .....	23
3.3.2 Definisi Operasional Penelitian .....	23
<b>3.4 Prosedur Penelitian .....</b>	<b>24</b>
<b>3.5 Metode Perolehan Data .....</b>	<b>26</b>
<b>3.6 Metode Analisis Data .....</b>	<b>27</b>
<b>3.7 Desain Rancangan Handout .....</b>	<b>28</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Hasil Penelitian .....</b>	<b>30</b>
<b>4.2 Pembahasan .....</b>	<b>44</b>
<b>BAB 4. PENUTUP .....</b>	<b>51</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>51</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>51</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>56</b>

**DAFTAR TABEL**

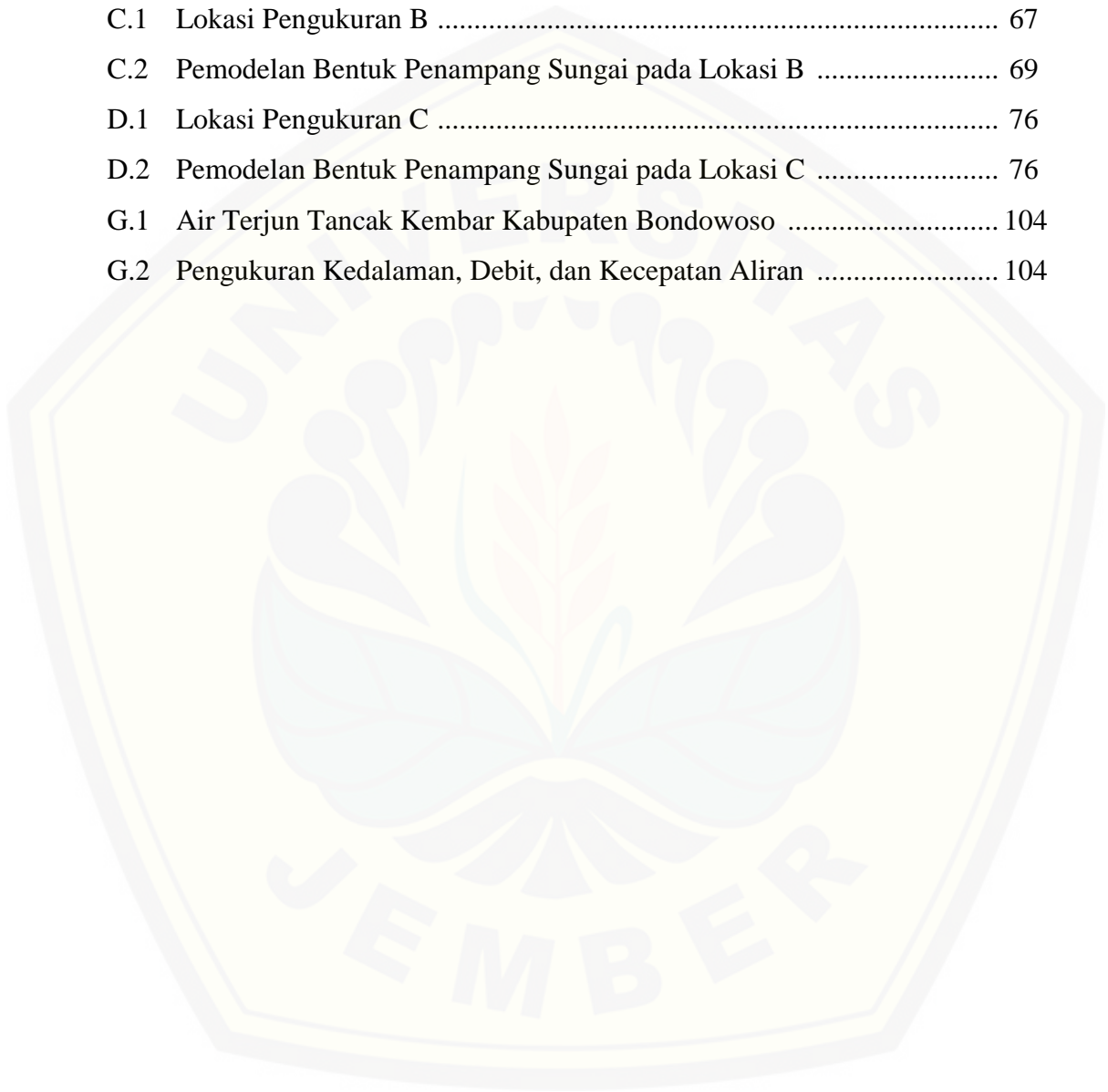
	Halaman
3.1 Pengukuran Kedalaman dan Luas Penampang .....	27
3.2 Pengukuran Kecepatan pada Luas Penampang Berbeda .....	28
4.1 Data Penelitian pada Lokasi A Sabtu, 10-2-2018 pukul 09.00 .....	30
4.2 Data Penelitian pada Lokasi A Sabtu, 10-2-2018 pukul 13.00 .....	31
4.3 Data Penelitian pada Lokasi A Selasa, 13-2-2018 pukul 09.00 .....	31
4.4 Data Penelitian pada Lokasi A Selasa, 13-2-2018 pukul 13.00 .....	31
4.5 Data Penelitian pada Lokasi B Sabtu, 10-2-2018 pukul 09.00 .....	32
4.6 Data Penelitian pada Lokasi B Sabtu, 10-2-2018 pukul 13.00 .....	32
4.7 Data Penelitian pada Lokasi B Selasa, 13-2-2018 pukul 09.00 .....	32
4.8 Data Penelitian pada Lokasi B Selasa, 13-2-2018 pukul 13.00 .....	33
4.9 Data Penelitian pada Lokasi C Sabtu, 10-2-2018 pukul 09.00 .....	33
4.10 Data Penelitian pada Lokasi C Sabtu, 10-2-2018 pukul 13.00 .....	33
4.11 Data Penelitian pada Lokasi C Selasa, 13-2-2018 pukul 09.00 .....	34
4.12 Data Penelitian pada Lokasi C Selasa, 13-2-2018 pukul 13.00 .....	34
A.1 Matrik Penelitian .....	56
B.1 Data <i>Flow Water Sensor</i> Lokasi A Sabtu, 10-2-2018 pukul 09.00 .....	59
B.2 Data <i>Flow Water Sensor</i> Lokasi A Sabtu, 10-2-2018 pukul 13.00 .....	59
B.3 Data <i>Flow Water Sensor</i> Lokasi A Selasa, 13-2-2018 pukul 09.00 .....	59
B.4 Data <i>Flow Water Sensor</i> Lokasi A Selasa, 13-2-2018 pukul 13.00 .....	59
B.5 Data Kedalaman Aliran Lokasi A Sabtu, 10-2-2018 pukul 09.00 .....	61
B.6 Data Kedalaman Aliran Lokasi A Sabtu, 10-2-2018 pukul 13.00 .....	62
B.7 Data Kedalaman Aliran Lokasi A Selasa, 13-2-2018 pukul 09.00 .....	63
B.8 Data Kedalaman Aliran Lokasi A Selasa, 13-2-2018 pukul 13.00 .....	64
B.9 Data Debit Aliran Lokasi A Sabtu, 10-2-2018 pukul 09.00 .....	65
B.10 Data Debit Aliran Lokasi A Sabtu, 10-2-2018 pukul 13.00 .....	65
B.11 Data Debit Aliran Lokasi A Selasa, 13-2-2018 pukul 09.00 .....	65
B.12 Data Debit Aliran Lokasi A Selasa, 13-2-2018 pukul 13.00 .....	66
C.1 Data <i>Flow Water Sensor</i> Lokasi B Sabtu, 10-2-2018 pukul 09.00 .....	68

C.2	Data <i>Flow Water Sensor</i> Lokasi B Sabtu, 10-2-2018 pukul 13.00 .....	68
C.3	Data <i>Flow Water Sensor</i> Lokasi B Selasa, 13-2-2018 pukul 09.00 .....	68
C.4	Data <i>Flow Water Sensor</i> Lokasi B Selasa, 13-2-2018 pukul 13.00 .....	68
C.5	Data Kedalaman Aliran Lokasi B Sabtu, 10-2-2018 pukul 09.00 .....	70
C.6	Data Kedalaman Aliran Lokasi B Sabtu, 10-2-2018 pukul 13.00 .....	70
C.7	Data Kedalaman Aliran Lokasi B Selasa, 13-2-2018 pukul 09.00 .....	71
C.8	Data Kedalaman Aliran Lokasi B Selasa, 13-2-2018 pukul 13.00 .....	71
C.9	Data Debit Aliran Lokasi B Sabtu, 10-2-2018 pukul 09.00 .....	72
C.10	Data Debit Aliran Lokasi B Sabtu, 10-2-2018 pukul 13.00 .....	72
C.11	Data Debit Aliran Lokasi B Selasa, 13-2-2018 pukul 09.00 .....	72
C.12	Data Debit Aliran Lokasi B Selasa, 13-2-2018 pukul 13.00 .....	73
D.1	Data <i>Flow Water Sensor</i> Lokasi C Sabtu, 10-2-2018 pukul 09.00 .....	75
D.2	Data <i>Flow Water Sensor</i> Lokasi C Sabtu, 10-2-2018 pukul 13.00 .....	75
D.3	Data <i>Flow Water Sensor</i> Lokasi C Selasa, 13-2-2018 pukul 09.00 .....	75
D.4	Data <i>Flow Water Sensor</i> Lokasi C Selasa, 13-2-2018 pukul 13.00 .....	75
D.5	Data Kedalaman Aliran Lokasi C Sabtu, 10-2-2018 pukul 09.00 .....	77
D.6	Data Kedalaman Aliran Lokasi C Sabtu, 10-2-2018 pukul 13.00 .....	77
D.7	Data Kedalaman Aliran Lokasi C Selasa, 13-2-2018 pukul 09.00 .....	78
D.8	Data Kedalaman Aliran Lokasi C Selasa, 13-2-2018 pukul 13.00 .....	78
D.9	Data Debit Aliran Lokasi C Sabtu, 10-2-2018 pukul 09.00 .....	79
D.10	Data Debit Aliran Lokasi C Sabtu, 10-2-2018 pukul 13.00 .....	79
D.11	Data Debit Aliran Lokasi C Selasa, 13-2-2018 pukul 09.00 .....	79
D.12	Data Debit Aliran Lokasi C Selasa, 13-2-2018 pukul 13.00 .....	80

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Aliran Seragam dan Aliran Seragam tak Tunak .....	9
2.2 Berbagai Macam Bentuk Saluran Terbuka .....	9
2.3 Geometri Penampang Persegi dan Trapesium .....	10
2.4 Laju Aliran Fluida .....	10
2.5 Debit Air .....	11
2.6 Pengukuran Kecepatan Arus dengan Pelampung .....	13
2.7 Pengukuran Kecepatan dengan <i>Velocity Head Rod</i> .....	14
2.8 Arduino Uno .....	15
2.9 <i>Flow Sensor Water</i> .....	15
3.1 Bagan Alur Penelitian .....	24
3.2 Grafik Hubungan Luas Penampang dan Kecepatan Aliran .....	27
3.3 Peta Konsep <i>Handout</i> .....	29
4.1 Diagram Perbandingan Kecepatan Aliran Lokasi A .....	36
4.2 Diagram Perbandingan Debit Aliran Lokasi A .....	36
4.3 Diagram Perbandingan Kecepatan Aliran Lokasi B .....	38
4.4 Diagram Perbandingan Debit Aliran Lokasi B .....	39
4.5 Diagram Perbandingan Kecepatan Aliran Lokasi C .....	41
4.6 Diagram Perbandingan Debit Aliran Lokasi C .....	41
4.7 Grafik Hubungan Luas Penampang dan Kecepatan Aliran Lokasi A Sabtu, 10-2-2018 .....	42
4.8 Grafik Hubungan Luas Penampang dan Kecepatan Aliran Lokasi A Selasa, 13-2-2018 .....	42
4.7 Grafik Hubungan Luas Penampang dan Kecepatan Aliran Lokasi B Sabtu, 10-2-2018 .....	43
4.8 Grafik Hubungan Luas Penampang dan Kecepatan Aliran Lokasi B Selasa, 13-2-2018 .....	43
4.7 Grafik Hubungan Luas Penampang dan Kecepatan Aliran Lokasi C Sabtu, 10-2-2018 .....	44

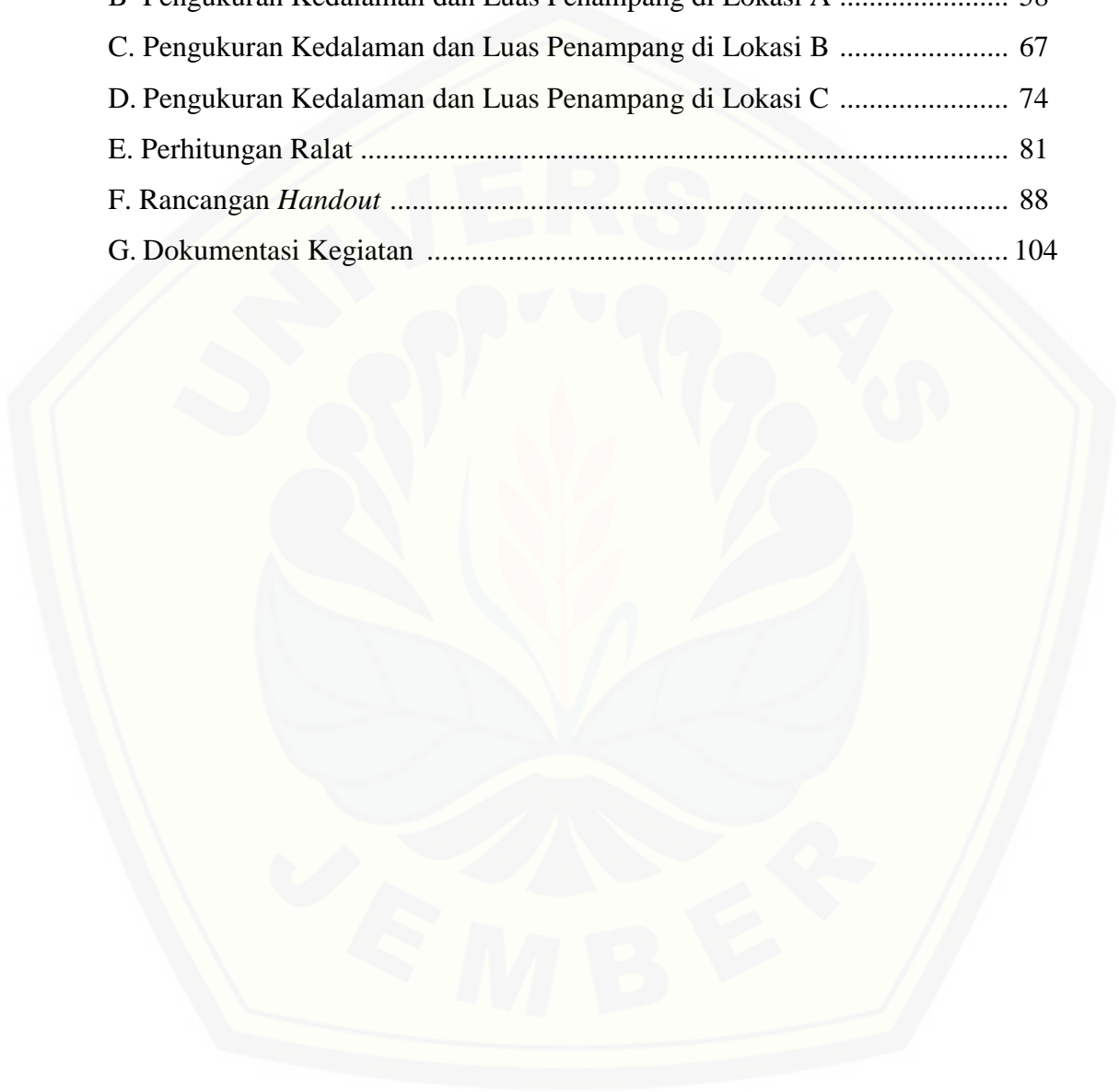
4.8	Grafik Hubungan Luas Penampang dan Kecepatan Aliran Lokasi C Selasa, 13-2-2018 .....	44
B.1	Lokasi Pengukuran A .....	58
B.2	Pemodelan Bentuk Penampang Sungai pada Lokasi A .....	60
C.1	Lokasi Pengukuran B .....	67
C.2	Pemodelan Bentuk Penampang Sungai pada Lokasi B .....	69
D.1	Lokasi Pengukuran C .....	76
D.2	Pemodelan Bentuk Penampang Sungai pada Lokasi C .....	76
G.1	Air Terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso .....	104
G.2	Pengukuran Kedalaman, Debit, dan Kecepatan Aliran .....	104





**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Matrik Penelitian .....	56
B. Pengukuran Kedalaman dan Luas Penampang di Lokasi A .....	58
C. Pengukuran Kedalaman dan Luas Penampang di Lokasi B .....	67
D. Pengukuran Kedalaman dan Luas Penampang di Lokasi C .....	74
E. Perhitungan Ralat .....	81
F. Rancangan <i>Handout</i> .....	88
G. Dokumentasi Kegiatan .....	104



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan kurikulum di Indonesia telah mengalami perubahan dan perkembangan yang cukup panjang. Perubahan dan perkembangan kurikulum di Indonesia bertujuan untuk meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia serta menyesuaikan dengan terjadinya era globalisasi. Pembelajaran pada kurikulum 2013 lebih menekankan pada pendekatan saintifik. Kurniasih dan Sani (2014:26) menyatakan bahwa pada prinsipnya, penerapan tahapan saintifik ini dalam kurikulum 2013 tidaklah terlalu prosedural. Pada prinsipnya, pendekatan ilmiah (*saintific approach*) dalam pembelajaran semua mata pelajaran meliputi menggali informasi melalui pengamatan, bertanya, percobaan, kemudian mengolah data atau informasi, dilanjutkan dengan menganalisis, menalar, kemudian menyimpulkan, dan mencipta. Pernyataan serupa juga dinyatakan oleh Rahmawati (2014: 2), Kurikulum 2013 menekankan pada kompetensi pedagogik modern dalam pembelajaran, yaitu menggunakan pendekatan ilmiah. Pendekatan ilmiah (*scientific approach*) dalam pembelajaran sebagai mana dimaksud meliputi mengamati, menanya, menalar, mencoba, dan membentuk jejaring untuk semua mata pelajaran.

Berdasarkan Undang-Undang No. 20 tahun 2013 tentang sistem pendidikan nasional yang menyebutkan bahwa pengembangan kurikulum dilakukan dengan mengacu pada standar 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 di sekolah perlu mengacu kepada potensi lokal di daerah tersebut. Potensi lokal yang dimaksud ialah kejadian, peristiwa, permasalahan atau fenomena yang terdapat pada lingkungan daerah asal peserta didik (Marlina, 2013: 1054).

Akan tetapi fakta yang ada pada pembelajaran sains terutama fisika di sekolah bukanlah pembelajaran sains yang berpusat pada siswa (*student centered learning*) tetapi lebih berpusat kepada guru (*teacher centered learning*). Pada

kenyataannya guru lebih mendominasi pembelajaran dan lebih menekankan pada hasil daripada proses. Hasil penelitian oleh Karli (2012), menunjukkan bahwa siswa diarahkan untuk menghafalkan informasi, siswa dipaksa untuk mengumpulkan informasi tanpa memberikan kesempatan untuk memahami informasi-informasi yang telah dikumpulkan, sehingga siswa hanya menguasai teori, tetapi miskin terhadap aplikasi.

Salah satu materi pembelajaran fisika yang dianggap sulit oleh siswa adalah fluida dinamis. *Concept image* 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). Konsep yang paling banyak siswa mengalami miskonsepsi adalah konsep asas Bernoulli dan asas kontinuitas, yaitu pada kelas replikasi I sebesar 61,0%, sedangkan pada kelas replikasi II sebesar 52,0%. Penyebab terjadinya miskonsepsi berasal dari siswa, buku, guru, konteks, dan cara mengajar.

Salah satu cara mengatasi kesulitan siswa pada pemahaman konsep fluida dinamis agar lebih mudah dimengerti melalui pengembangan bahan ajar fisika berbasis kontekstual. Pengembangan bahan ajar fisika berbasis kontekstual pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya seperti Noor & Wilujeng (2015: 85) yang menyatakan SSP berbasis pendekatan kontekstual dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Hal ini didasarkan pada hasil analisis data yang menunjukkan perbedaan skor *pretest* dan *posttest* dari 62,14 ke 74,78 dengan skor gains sebesar 12,64. Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Asfiah *et al* (2013: 188-195) yang menyatakan bahwa peningkatan hasil belajar kelompok dengan menggunakan modul lebih unggul dibandingkan dengan kelompok yang tidak menggunakan modul. Hal tersebut dapat dilihat dari peningkatan presentase hasil belajar pada siswa kelompok eksperimen sebesar 51,38% dan kelompok kontrol sebesar 38,62%. Sedangkan hasil penelitian Jaya (2012), menunjukkan bahwa rata-rata nilai *pretest* adalah 30,21 dan rata-rata nilai *posttest* adalah 75,1. Hal ini berarti bahwa nilai rata-rata hasil belajar sebelum dan sesudah menggunakan modul fisika kontekstual tidak sama. Dengan ungkapan lain dapat

dikatakan bahwa terdapat perbedaan nilai rata-rata hasil belajar peserta didik setelah menggunakan modul fisika kontekstual dengan peserta didik sebelum menggunakan modul fisika kontekstual. Berdasarkan hasil dari tiga penelitian diatas membuktikan pembelajaran fisika yang kontekstual lebih efektif membentuk konsep-konsep fisika kepada siswa, sehingga dapat meningkatkan hasil belajar siswa.

Bahan ajar fisika yang dikembangkan oleh peneliti di atas hanya memuat fenomena-fenomena fisika berdasarkan kejadian sehari-hari tanpa meninjau data-data real di lapangan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengambilan data secara empiris pada suatu fenomena agar dapat menerangkan konsep fisika dengan data yang benar. Fenomena di lapangan yang dapat menjelaskan tentang terjadinya dinamika fluida dinamis adalah air terjun. Konsep terkait fluida dinamis pada fenomena air terjun dapat dilihat melalui perbedaan kecepatan aliran air dan besarnya debit air.

Air terjun Tancak Kembar di Kabupaten Bondowoso dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif dalam menjelaskan konsep terkait fluida dinamis. Berdasarkan hasil wawancara dengan Kepala Dinas Pariwisata Kabupaten Bondowoso, kawasan air terjun tancak kembar memiliki dua aliran air terjun dengan ketinggian yang sama yaitu 77 meter. Aliran air terjun tersebut berasal dari satu aliran sungai yang sama. Melalui perbedaan ketinggian, lebar, kedalaman dan kecepatan akan dapat dijadikan sebagai bahan untuk menentukan besarnya debit aliran air terjun tancak kembar

Berdasarkan uraian masalah diatas, maka perlu dilakukan pengambilan data sebagai dasar dalam pembuatan sumber belajar pada pokok bahasan fluida dinamis. Adapun judul yang diangkat dalam penelitian ini adalah **“Kajian Dinamika Fluida Pada Aliran Air Terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika di SMA”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a. Bagaimana kajian dinamika fluida (kecepatan aliran, debit aliran, dan persamaan kontinuitas) pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso?
- b. Bagaimana rancangan *handout* fisika yang berbasis aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut ;

- a. Mengkaji dinamika fluida pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso.
- b. Membuat rancangan bahan ajar berdasarkan kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso.

### 1.4 Manfaat Penelitian

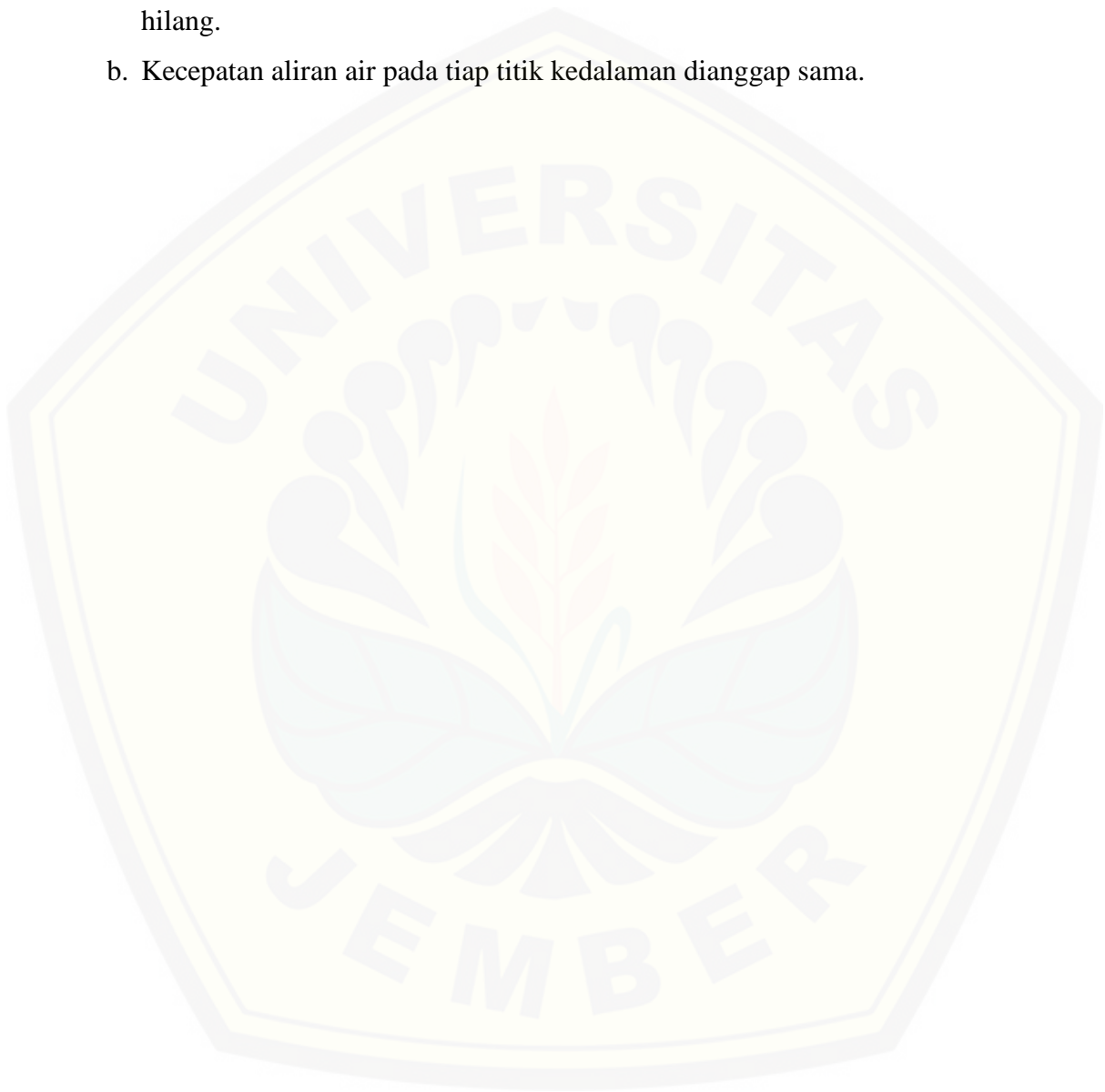
Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain :

- a. Bagi peneliti diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat sebagai cara mengamalkan ilmu pada waktu kuliah dengan melakukan penelitian dalam rangka menyelesaikan pendidikan serta memberikan pengetahuan kepada peneliti mengenai hasil kajian dinamika fluida pada air terjun yang telah dilakukan.
- b. Bagi guru, sebagai acuan untuk memberikan contoh peristiwa fisika yang kontekstual di kabupaten Bondowoso khususnya materi dinamika fluida.
- c. Bagi masyarakat, sebagai acuan untuk beraktifitas di lokasi air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso dengan memperhatikan hasil kajian dinamika fluida.
- d. Bagi peneliti lain, sebagai rujukan informasi dan pertimbangan untuk melaksanakan penelitian lebih lanjut.

### 1.5 Batasan Penelitian

Berdasarkan uraian tersebut maka diperlukan batasan masalah agar pengkajian penelitian tidak terlalu luas. Adapun batasan masalah sebagai berikut :

- a. Gangguan pada aliran air diabaikan, sehingga dianggap tidak ada energi yang hilang.
- b. Kecepatan aliran air pada tiap titik kedalaman dianggap sama.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Fluida

Fluida merupakan suatu zat yang dalam keadaan setimbang tak dapat menahan gaya atau tegangan geser (*shear force*). Definisi lain dari fluida adalah zat yang dapat mengalir yang mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Ketahanan fluida terhadap perubahan bentuk sangat kecil sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruang. Fluida ini dapat kita bagi menjadi dua bagian yakni:

- a. Fluida statis
  - b. Fluida Dinamis
- (Ranald, 1993: 167)

### 2.2 Fluida Dinamis

Fluida dinamis adalah fluida (bisa berupa zat cair, gas) yang bergerak. 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 penampangnya. Aliran fluida dikatakan tunak jika kecepatan setiap titik fluida konstan pada saat melalui tempat yang sama.
- (Purwanto, 2007: 233)

#### 2.2.1 Karakteristik Aliran Fluida Terbuka

Aliran saluran terbuka adalah saluran dimana cairan mengalir dengan permukaan bebas yang terbuka terhadap tekanan atmosfer. Aliran itu disebabkan oleh kemiringan saluran dan permukaan cairannya. Contohnya banyak, baik yang buatan (alur gelontor, alur pelimpah, kanal, bendung, selokan, gorong-gorong), maupun yang ada di alam (air terjun, sungai, kuala, daerah aliran banjir/DAB)

(Ranald, 1993: 169).

Adanya permukaan bebas yang tekanannya praktis sama dengan tekanan atmosfer sekaligus memudahkan dan menyulitkan analisis. Adanya permukaan bebas itu memudahkan, sebab tekanannya dapat dianggap konstan sepanjang permukaan bebas itu, sehingga permukaan tersebut setara dengan GHD aliran itu. Berbeda dengan aliran dalam talang tertutup, gradien tekanan tidak penting dalam aliran saluran terbuka, sebab keseimbangan gayanya hanya terbatas pada pengaruh gravitasi dan gesekan. Permukaan bebas itu menyulitkan penganalisisan pada aliran saluran terbuka, karena bentuknya tidak diketahui sebelumnya. Profil kedalaman permukaan bebas berubah-ubah dengan keadaan dan harus ditentukan sebagai bagian dari soal yang harus dipecahkan, terutama dalam soal-soal aliran tak tunak yang meliputi gerak gelombang (Frank, 1991: 215).

#### 2.2.2 Klasifikasi Aliran

Aliran melalui saluran terbuka disebut seragam (*uniform*) yaitu apabila berbagai jenis aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan, dan debit pada setiap tampang disepanjang aliran adalah konstan. Adapun klasifikasi aliran pada saluran terbuka adalah:

a. Aliran tunak (*steady flow*)

Aliran tunak (*steady flow*) terjadi jika kedalaman aliran tidak berubah atau selalu dalam keadaan konstan pada selang waktu tertentu. Untuk menentukan debit aliran ( $Q$ ) pada suatu penampang saluran dapat dirumuskan sebagai:

$$Q = v \cdot A \quad (2.1)$$

dengan  $v$  adalah kecepatan rata-rata dan  $A$  adalah luas penampang melintang tegak lurus terhadap arah aliran. Pada aliran tunak, disimpulkan bahwa debit aliran dianggap konstan di sepanjang saluran yang bersifat kontinyu. Maka persamaan (2.1) diubah menjadi:

$$Q = v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 \quad (2.2)$$

(Harseno, 2007: 2-3)

b. Aliran seragam (*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

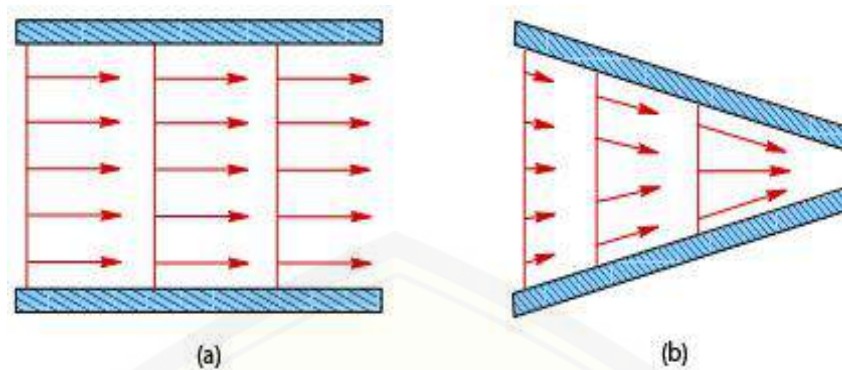


aliran mantap dan satu dimensi yang berarti kecepatan aliran di setiap titik pada tampang lintang tidak berubah, misalnya aliran melalui saluran irigasi yang sangat panjang dan tidak ada perubahan penampang. Umumnya aliran seragam pada saluran terbuka dengan tampang lintang prismatik adalah aliran dengan kecepatan konstan dan kedalaman air konstan. Aliran seragam memiliki permukaan aliran sejajar dengan permukaan dasar saluran, sehingga kecepatan dan kedalaman aliran disebut dalam kondisi seimbang (Harseno, 2007: 3).

c. Aliran tak seragam (*varied flow*)

Aliran tak seragam adalah kedalaman dan kecepatan aliran disepanjang saluran tidak konstan, garis tenaga tidak sejajar dengan garis muka air dan dasar saluran. Analisis aliran tak seragam biasanya bertujuan untuk mengetahui profil aliran di sepanjang saluran atau sungai. Analisis ini banyak dilakukan dalam perencanaan perbaikan sungai atau penanggulangan banjir, elevasi jembatan dan sebagainya. Dalam hal ini analisis aliran menjadi jauh lebih mudah dan hasil hitungan akan lebih aman, karena debit yang diperhitungkan adalah debit puncak yang sebenarnya terjadi sesaat, tetapi dalam analisis ini dianggap terjadi dalam waktu yang lama. Aliran tak seragam dapat dibedakan dalam dua kelompok berikut ini :

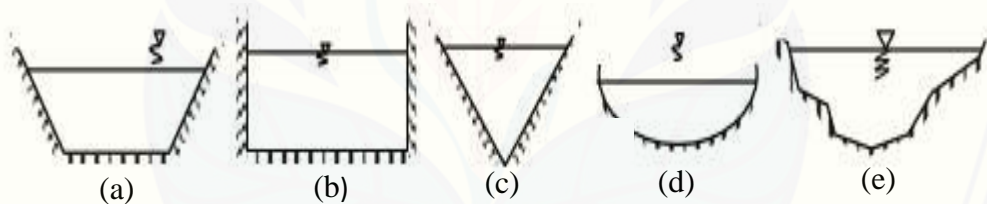
- 1) Aliran berubah beraturan (*gradually varied flow*), terjadi jika parameter hidraulis (kecepatan, tampang basah) berubah secara progresif dari satu tampang ke tampang yang lain. Ujung hilir saluran yang terdapat bendung maka akan terbentuk profil muka air pembendungan dimana kecepatan aliran akan berkurang (diperlambat), sedangkan apabila terdapat terjunan maka profil aliran akan menurun dan kecepatan akan bertambah (dipercepat) contoh aliran pada sungai.
- 2) Aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*), terjadi jika parameter hidraulis berubah secara mendadak (saluran transisi), loncat air, terjunan, aliran melalui bangunan pelimpah dan pintu air. (Harseno, 2007: 4)



Gambar 2.1 (a) Aliran seragam tunak (b) Aliran seragam tak tunak

### 2.2.3 Bentuk Saluran

Bentuk penampang saluran terbuka memiliki berbagai macam seperti trapesium, persegi, segitiga, setengah lingkaran dan beraturan. Umumnya bentuk penampang aliran sungai berjenis tak beraturan. Bentuk penampang saluran dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut:

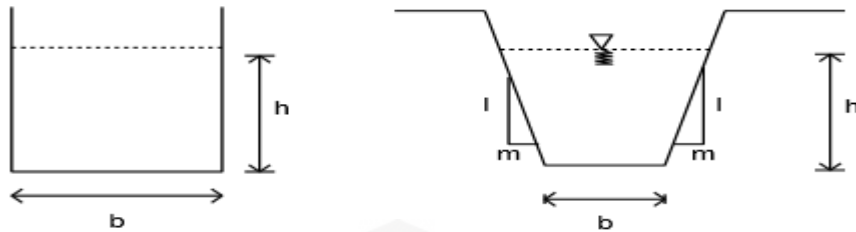


Gambar 2.2 Berbagai macam bentuk saluran terbuka (a) Trapesium, (b) Persegi, (c) Segitiga, (d) Setengah lingkaran, (e) Tak beraturan

(Harseno, 2007: 5)

### 2.2.4 Geometri Saluran

Geometri (penampang) saluran adalah unsur penampang saluran yang dipakai sebagai pertimbangan atau perhitungan. Saluran yang bentuk penampangnya melintang dan kemiringan dasarnya tetap disebut saluran prismatik, sedangkan saluran yang bentuk penampang melintang dan kemiringan dasarnya berubah-ubah disebut saluran non prismatic. Persamaannya umum hanya dibatasi pada bentuk empat segi panjang maupun trapesium, seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Geometri penampang persegi dan trapesium

$$\text{Luas ( A )} = bh + mh^2$$

$$\text{Keliling basah ( P )} = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

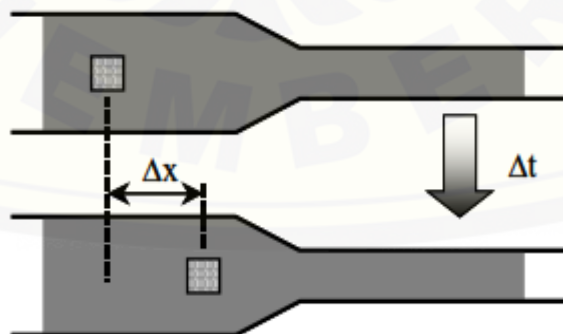
$$\text{Jari-jari hidraulik ( R )} = \frac{bh+mh^2}{b+2h\sqrt{1+m^2}} \quad (2.3)$$

dengan  $b$  = lebar dasar saluran dan  $h$  = kedalaman air

(Harseno, 2007: 5)

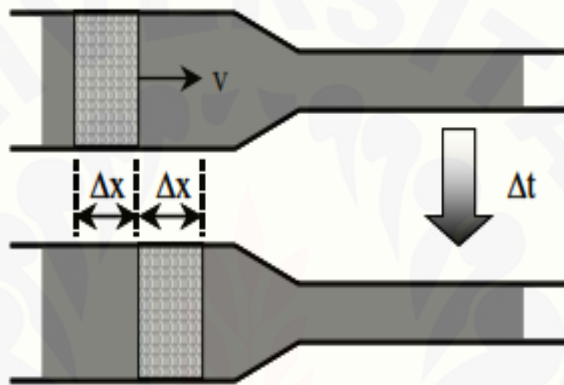
### 2.3 Kecepatan Aliran Fluida

Abdullah (2007), mengatakan bahwa 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 2.4.

Gambar 2.4 Selama selang waktu  $\Delta t$ , elemen dalam fluida berpindah sejauh  $\Delta x$

## 2.4 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 kuatitas 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 mengoptimumkan penggunaan air.



Gambar 2.5 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  $A$ . Volume fluida dalam elemen tersebut adalah  $\Delta V = A \cdot \Delta x$ . 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 :

$$\Delta V = A \cdot v \Delta t \quad (2.4)$$

(Abdullah, 2007: 262)

Mengingat bentuk palung dan alur sungai yang berubah/ubah, maka dalam pemilihan lokasi pengukuran debit harus dipertimbangkan pengaruh pola aliran dalam palung sungai. Besarnya debit dihitung menurut rumus *Velocity Area Method*:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{A \cdot v \Delta t}{\Delta t}$$

$$Q = A \cdot v \quad (2.5)$$

Dimana :

$Q$  = Debit ( $m^3/s$ )

$A$  = Luas Penampang Basah ( $m^2$ )

$v$  = Kecepatan Rata-rata ( $m/s$ )

(Putra, 2014: 605)

#### 2.4.1 Cara Mengukur Debit

Pengukuran debit sungai dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengukuran aliran dan pengukuran dengan cara analisis. Pelaksanaan pengukuran debit sungai dapat dilakukan secara langsung dan cara tidak langsung, yaitu dengan melakukan pendataan terhadap parameter alur sungai dan tanda bekas banjir. Tinjauan hidrologi pada masalah penentuan debit sungai dengan cara pengukuran termasuk dalam bidang hidrometri, yaitu ilmu yang mempelajari masalah pengukuran air atau pengumpulan data dasar untuk analisis mencakup data tinggi muka air, debit dan sedimentasi. (Rachmad, 2004: 77)

##### a. Pengukuran Debit Secara Langsung

Besarnya aliran tiap waktu atau disebut dengan debit, akan tergantung pada luas tampang aliran dan kecepatan aliran rerata. Pendekatan nilai debit dapat dilakukan dengan cara mengukur tampang aliran dan mengukur kecepatan aliran tersebut. Cara ini merupakan prosedur umum dalam pengukuran debit sungai secara langsung.

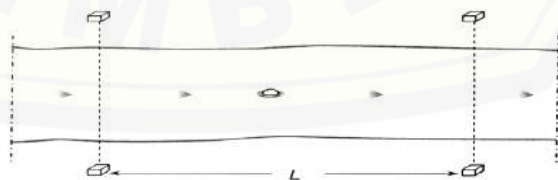
Pengukuran luas tampang aliran dilakukan dengan mengukur tinggi muka air dan lebar dasar alur sungai. Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti, pengukuran tinggi muka air dapat dilakukan pada beberapa titik pada sepanjang tampang aliran. Selanjutnya debit aliran dihitung sebagai penjumlahan dan semua luasan tampang aliran yang terukur. Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan alat ukur kecepatan arus. (Rachmad, 2004: 78)

Beberapa cara pengukuran kecepatan arus aliran sungai yang banyak digunakan adalah sebagai berikut ini:

- 1) Pengukuran kecepatan arus dengan pelampung

Pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan pelampung dapat dilakukan apabila dikehendaki besaran kecepatan aliran dengan tingkat ketelitian yang relatif rendah. Cara ini masih dapat digunakan untuk praktek dalam keadaan kondisi sungai yang sangat sulit diukur dikarenakan kecepatan aliran sungai terlalu tinggi. Cara pengukuran adalah dengan prinsip mencari besarnya waktu yang diperlukan untuk Bergeraknya pelampung pada sepanjang jarak tertentu. Selanjutnya kecepatan rerata arus didekati dengan nilai panjang jarak tersebut dibagi dengan waktu tempuhnya. Pengukuran dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut ini:

- a) Tetapkan satu titik pada salah satu sisi sungai, misal ditandai dengan patok kayu atau pohon dan satu titik yang lain di seberang sungai yang jika dihubungkan dua titik tersebut akan berupa garis tegak lurus arah aliran.
- b) Tentukan jarak  $L$ , misal 20 meter dan garis yang dibuat pada langkah pertama dan buat garis yang sama (tegak lurus) pada titik sejauh  $L$  tersebut.
- c) Hanyutkan pelampung (dapat berupa sembarang benda yang dapat terapung misal bola ping-pong, gabus, kayu) pada tempat di hulu garis pertama, pada saat melewati garis pertama tekan tombol *stopwatch* dan ikuti terus pelampung tersebut. Pada saat pelampung melewati garis kedua *stopwatch* ditekan kembali, sehingga akan didapat waktu aliran pelampung yang diperlukan, yaitu  $T$ .
- d) Kecepatan arus dapat dihitung dengan  $L/T$  (m/det).



Gambar 2.6 Pengukuran kecepatan arus dengan pelampung

(Harto, 1993: 204-206)

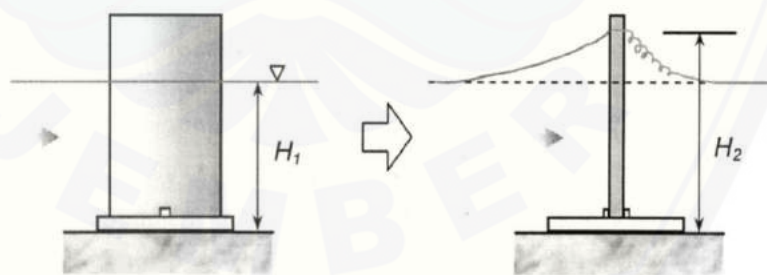
Perlu mendapat perhatian bahwa cara ini akan mendapatkan kecepatan arus pada permukaan, sehingga untuk memperoleh kecepatan rerata pada penampang sungai hasil hitungan perlu dikoreksi dengan koefisien antara 0,85-0,95. Pengukuran dengan cara ini harus dilakukan beberapa kali mengingat distribusi aliran permukaan yang terjadi tidak merata. Pengukuran dianjurkan paling tidak dilakukan 3 (tiga) kali, kemudian hasilnya dirata-ratakan.

## 2) Pengukuran kecepatan arus dengan *Velocity Head Rod*

Hasil pengukuran menggunakan alat ini juga tidak begitu teliti dan yang terukur adalah kecepatan aliran permukaan. Sebaiknya digunakan pada pengukuran yang dikendaki secara cepat pada kecepatan aliran yang lebih besar. Cara pengukuran dapat dijelaskan sebagai berikut (lihat Gambar 2.7).

- Letakkan alat pada tempat yang akan diukur dengan posisi sejajar dengan arus aliran.
- Setelah aliran kembali tenang, baca ketinggian muka air aliran ( $H_1$ ).
- Putar alat  $90^\circ$ , sehingga tegak lurus aliran, kemudian baca tinggi muka air yang terjadi ( $H_2$ ).
- Kecepatan arus aliran dapat didekati dengan:

$$v = \sqrt{2g \times (H_2 - H_1)} \quad (2.6)$$



Gambar 2.7 Pengukuran kecepatan arus dengan *Velocity Head Rod*

(Harto, 1993: 206)

## 3) Pengukuran kecepatan arus dengan Sensor *Flow Water*

### a) Arduino Uno

Arduino UNO adalah arduino board yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino UNO memiliki 14 pin digital (6 pin

dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah *header* ICSP, dan sebuah tombol reset (Arif, 2015: 89).

Arduino UNO memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuatnya bekerja. Arduino UNO menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai *USB-to-serial converter* untuk komunikasi serial ke computer melalui port USB (Arif, 2015: 90). Tampak atas dari arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Arduino Uno

#### b) *Flow Sensor*

*Flow Sensor* merupakan sebuah perangkat sensor yang digunakan untuk mengukur debit fluida. Biasanya *flow sensor* adalah elemen (bagian) yang digunakan pada flow meter. Sebagaimana pada semua sensor, keakuratan absolut dari pengukuran membutuhkan pengkalibrasian sensor. Bentuk alat *flow sensor* dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 *Flow Sensor Water*



Tipe *flow sensor* yang digunakan merupakan *mechanical flow sensor*. Sensor tipe ini memiliki rotor dan *transducer hall effect* untuk mendeteksi putaran rotor ketika fluida melewatinya. Putaran tersebut akan menghasilkan pulsa digital yang banyaknya sebanding dengan banyaknya fluida yang mengalir melewatinya (Arif, 2015: 90).

#### b. Pengukuran Debit Secara Tidak Langsung

Pengukuran debit secara tidak langsung seringkali diperlukan dalam hal tertentu. Pengukuran debit secara tidak langsung dapat dilaksanakan dengan dua cara, yaitu cara luas kemiringan dan cara ambang. Pengukuran dengan cara ini dapat dilaksanakan apabila pengukuran secara langsung sulit dilaksanakan karena faktor kondisi atau permasalahan sebagai berikut:

- 1) Pengukuran debit secara langsung berbahaya bagi keselamatan petugas dan peralatan yang digunakan,
- 2) Sifat perubahan debit banjir relatif singkat waktunya dan saat kejadiannya sulit diramalkan,
- 3) Selama suatu pengukuran dilakukan, kadang-kadang banjir tidak terjadi, sehingga diperlukan cara lain untuk memperkirakan debit banjir tersebut,
- 4) Kadang-kadang pengukuran debit banjir untuk beberapa tempat sulit dilaksanakan pada saat yang bersamaan, padahal datanya sangat diperlukan.

(Harto, 1993: 214)

### 2.5 Persamaan 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. Jumlah massa fluida yang mengalir per satuan waktu pada berbagai penampang pipa selalu sama.

Dalam satuan volume :

$$dQ = v \cdot dA \left( \frac{m^3}{det} \right) \quad (2.7)$$

dimana  $dA$  adalah differensial dari luasan penampang ( $m^2$ ) dan  $v$  adalah kecepatan aliran  $\frac{m}{det}$ . Bila dinyatakan dalam satuan berat :

$$dG = \gamma dQ \left( \frac{kg}{det} \right)$$

dan bila dalam satuan massa :

$$dm = \rho \left( \frac{kg \ det^2}{m^4} \right) dQ \left( \frac{m^3}{det} \right)$$

Kecepatan aliran berbeda-beda pada tiap penampang, maka harga debitnya dihitung menurut jumlah *stream tubenya*.

$$Q = \int v \cdot dA \quad (2.8)$$

kecepatan rata-rata dari suatu penampang

$$v_m = \frac{Q}{A} \text{ atau } Q = A_m \cdot s \quad (2.9)$$

Harga penghasilan (debit) dari suatu zat cair yang *incompressible* dalam aliran stasioner harus selalu sama pada semua bagian dari *stream tube*, sehingga berlaku :

$$dQ = v_1 \cdot dA_1 = v_2 \cdot dA_2 = v_n \cdot dA_n = Constant \quad (2.10)$$

Persamaan 2.9 merupakan persamaan kontinuitas dengan mengambil kecepatan rata-rata pada dinding yang tidak tembus fluida, sehingga :

$$Q = v_{m1} \cdot A_1 = v_{m1} \cdot A_2 = Constant \quad (2.11)$$

(Suharto, 1991: 55-56)

## 2.6 Bahan Ajar

Bahan ajar atau materi pembelajaran (*instructional materials*) secara garis besar terdiri atas pengetahuan, ketrampilan dan sikap yang harus dipelajari siswa dalam rangka mencapai standar kompetensi yang telah ditentukan. Bahan ajar juga merupakan informasi, alat dan teks yang diperlukan guru untuk perencanaan dan penelaahan implementasi pembelajaran. Ada beberapa bentuk bahan ajar, antara lain sebagai berikut:

- a. Bahan cetak seperti: buku, modul, lembar kerja siswa, brosur, *handout*, *leaflet* dan *wallchart*.
- b. Audio seperti: video/ film dan VCD.
- c. Multimedia seperti: CD interaktif dan internet. (BSNP, 2007)

Depdiknas (2008:11) menyatakan bahwa pengembangan bahan ajar hendaknya memperhatikan prinsip-prinsip pembelajaran berikut: (1) mulai dari yang mudah untuk memahami yang sulit, dari yang kongkret untuk memahami yang abstrak; (2) pengulangan memperkuat pemahaman; (3) umpan balik positif memberikan penguatan terhadap pemahaman siswa; (4) motivasi yang tinggi merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan belajar; (5) mencapai tujuan; dan (6) mengetahui hasil yang dicapai.

Kurniasih dan Sani (2014:66-67) menyatakan bahwa dalam menyusun bahan yang perlu diperhatikan adalah bahwa judul atau materi yang disajikan harus fokus pada KD atau materi pokok yang harus dicapai oleh peserta didik. Dalam pertauran yang pernah diterapkan oleh pemerintah dalam Peraturan Menteri Pendidikan Nasional no. 2 tahun 2008 tentang buku, Buku teks pelajaran pendidikan dasar, menengah, dan perguruan tinggi yang selanjutnya disebut buku teks adalah buku acuan wajib untuk digunakan dalam satuan pendidikan dasar dan menengah atau perguruan tinggi yang memuat ketakwaan, akhlak mulia, dan kepribadian, penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi, peningkatan kemampuan kinestetis dan kesehatan yang disusun berdasarkan standar nasional pendidikan, Bahan ajar harus mempertimbangkan hal-hal berikut ini:

1. Urutan tampilan harus mudah terlihat dahulu, kemudian judul yang singkat dan tidak bertele-tele, terdapat daftar isi, kerangka berfikirnya jelas, memenuhi prinsip bahan ajar, memuat refleksi, dan ada penugasan.
2. Mempergunakan bahasa yang mudah dengan kosa kata yang sederhana, adanya kejelasan kalimat, keterkaitan masing-masing ide paragraph dengan kalimat yang tidak terlalu panjang.
3. Adanya rangsangan pemikiran dengan kalimat-kalimat yang mendorong pembaca untuk berfikir dan menguji rangsangan.

4. Memenuhi etika dan estetika dengan tidak menyalahi aturan penulisan, dan enak untuk dilihat dan dibaca.
5. Harus ditentukan materi apa yang akan dibuat
6. Mengetahui sasaran pembaca.

Bahan ajar dapat dikatakan baik apabila memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Akurat (Akurasi)
- b. Sesuai (Relevansi)
- c. Komunikatif
- d. Lengkap dan Sistematis
- e. Berorientasi pada *Student Centered*
- f. Berpihak pada Ideologi Bangsa dan Negara
- g. Memiliki Kaidah Bahasa yang Benar
- h. Terbaca

(Akbar, 2013 : 35-36)

#### 2.6.1 Handout

*Handout* berasal dari bahasa Inggris yang berarti informasi, berita, atau surat lembaran. Menurut Prastowo (2012 : 79), *handout* adalah bahan pembelajaran yang sangat ringkas, dan bersumber dari beberapa literatur yang relevan terhadap kompetensi dasar dan materi pokok yang diajarkan kepada peserta didik. *Handout* termasuk media cetakan yang meliputi bahan-bahan yang disediakan di atas kertas untuk pengajaran dan informasi belajar.

Menurut Steffen dan Peter Ballstaedt dalam Prastowo (2012 : 80), fungsi *handout* adalah sebagai berikut:

- a. membantu peserta didik agar tidak perlu mencatat
- b. sebagai pendamping penjelasan pendidik
- c. sebagai bahan rujukan peserta didik
- d. memotivasi peserta didik agar lebih giat belajar
- e. pengingat pokok-pokok materi yang diajarkan
- f. memberi umpan balik
- g. menilai hasil belajar

## 2.7 Rancangan Bahan Ajar Fluida Dinamis Kontekstual

Potensi lokal adalah potensi sumber daya spesifik yang dimiliki suatu daerah meliputi sumber daya alam, manusia, teknologi, dan budaya. Melalui potensi lokal yang terintegrasi dalam pembelajaran menjadikan siswa termotivasi untuk mempelajarinya, sehingga pembelajaran menjadi bermakna. Hal ini dapat dilakukan dengan memasukkan unsur potensi lokal dalam kegiatan pembelajaran melalui pembuatan media pembelajaran berupa bahan ajar. Potensi lokal memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengaitkan kejadian, peristiwa, permasalahan atau fenomena yang terdapat pada lingkungan daerah asal ke dalam pembelajaran (Sajidan, 2014: 23). Hal ini selaras dengan hakikat pembelajaran fisika yang harus kontekstual dengan berdasarkan fakta, fenomena-fenomena dalam hasil pemikiran dan hasil eksperimen yang telah dilakukan.

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 *handout* 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. *Handout* ini berdasarkan pada hasil kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso.

Air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso ini berada di lereng pegunungan Argopuro, dengan ketinggian 77 Meter. Dengan suasana yang hijau dan di penuh oleh hutan lindung pada ketinggian 900 M dari permukaan laut, membuat air terjun Tancak Kembar sangat menawan untuk dikunjungi. Berada di ketinggian 1100 mdpl, wajar bila lokasi ini selalu diliputi awan dingin. Selain air terjun, di sekitar lokasi wisata ini juga terdapat pusat penelitian kopi arabika dan kakao dengan luas 180 Hektar. Air terjun ini terletak di desa Andongsari, kecamatan Pakem, 25 Km arah barat kota Bondowoso. Selain menjadi obyek wisata, air terjun ini juga di fungsikan sebagai sarana irigasi bagi kepentingan masyarakat sekitar. Ada dua aliran air terjun yang satu sama lain berjarak sekitar 20 meter. Kedua air terjun tersebut memiliki ketinggian yang sama. Berdasarkan mitos yang berkembang di masyarakat setempat, air terjun ini merupakan tempat pemandian Dewi Rengganis (Disparporahub, 2016: 25).

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Jenis penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan desain penelitian analisis deskriptif. Penelitian deskriptif ini bersifat deduktif yang berdasarkan pada teori/konsep yang bersifat umum kemudian diaplikasikan untuk menjelaskan tentang seperangkat data. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji dinamika fluida pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso sebagai rancangan bahan ajar fisika di SMA.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.2.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian ini ditentukan dengan metode *purposive sampling area*. Pemilihan tempat penelitian ini berdasarkan pada beberapa pertimbangan sebagai berikut :

- a. Area air terjun yang masih asri dan memiliki dua aliran air terjun yang berdampingan serta memiliki jenis yang sama dapat memudahkan peneliti dalam menentukan pengukuran.
- b. Arus air tergolong dalam arus yang deras sehingga memudahkan peneliti dalam menentukan pengukuran kecepatan aliran air.
- c. Area air terjun yang mudah dijangkau dapat memudahkan peneliti untuk menjangkau area tersebut.

Dengan beberapa pertimbangan tersebut maka peneliti memilih air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso sebagai tempat penelitian untuk mengkaji dinamika fluida pada aliran air terjun sebagai rancangan bahan ajar fisika di SMA.

#### 3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama dua hari, tepatnya hari Sabtu tanggal 10 Februari 2018 dan hari Selasa tanggal 13 Februari 2018. Penelitian ini dilakukan pada pukul 09.00 WIB dan 13.00 WIB.

### 3.3 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel

#### 3.3.1 Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso.
- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah rancangan bahan ajar fisika di SMA.

#### 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:

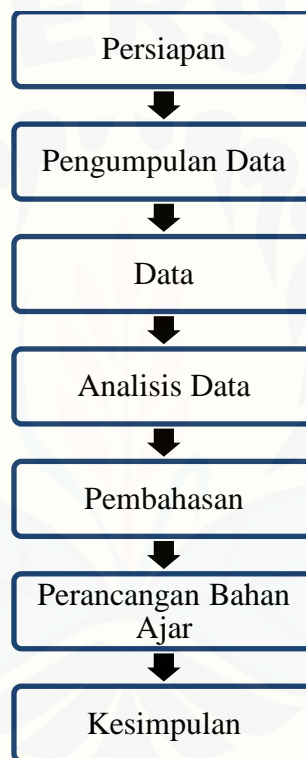
- a. Kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tancak Kembar adalah kajian konsep pada aliran air terjun Tancak Kembar yang merupakan contoh nyata mengenai materi fluida dinamis. Pada penelitian ini materi fluida dinamis yang akan dikaji pada aliran air terjun Tancak kembar meliputi;
  - (1) Laju aliran adalah jarak yang ditempuh satu elemen dalam fluida per satuan waktu. Perhitungan laju aliran air terjun dapat dilakukan menggunakan rumus  $= \frac{\Delta x}{\Delta t}$ , dimana  $\Delta x$  adalah jarak yang diempuh dan  $\Delta t$  adalah waktu yang ditempuh.
  - (2) Debit 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 ( $m^3/dt$ ). Perhitungan debit dapat dilakukan dengan menggunakan rumus  $= \frac{\Delta V}{\Delta t}$ , dimana  $\Delta v$  adalah jumlah air yang mengalir dan  $\Delta t$  adalah waktu yang ditempuh.
- b. Rancangan bahan ajar fisika adalah sebuah bahan ajar yang berbentuk sebuah *handout*. Rancangan ini diterapkan pada materi Fluida Dinamis dan menggunakan hasil kajian pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso. Data-data dan informasi hasil penelitian di air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso dijadikan sebagai acuan dan akan disinkronkan kedalam isi materi, contoh soal dan latihan soal



pada rancangan bahan ajar siswa berupa *handout* kontekstual. Rancangan bahan ajar siswa kontekstual materi dinamika fluida ini terdapat dua pokok bahasan yang akan dibuat yaitu debit aliran dan asas kontinuitas. Ukuran modul ini 21 cm x 29,7 cm atau seukuran kertas A4 dengan jenis *font Times New Roman* berukuran 12 pt.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini memiliki alur sebagai berikut:



Gambar 3.1 Bagan alur penelitian

#### 1) Fase Persiapan

Pada fase ini, peneliti melakukan persiapan berupa observasi untuk mendapatkan data awal mengenai aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso. Setelah melakukan observasi, peneliti membuat alat untuk menunjang penelitian berupa alat ukur kecepatan berbasis arduino yang terintegrasi sensor *Flow Water*.

## 2) Fase Pengumpulan Data

Fase ini, peneliti melakukan penelitian langsung pada air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso untuk mengukur laju aliran dan debit aliran.

Untuk mengukur laju aliran air terjun Tancak Kembar digunakan sensor *Flow Water* yang diletakkan pada aliran dengan kedalaman yang berbeda-beda. Sebelum mengukur laju aliran air terjun Tancak Kembar, dilakukan pengukuran kedalaman pada penampang sungai dengan rentang pengukuran yang ditentukan terlebih dahulu. Kemudian diukur luas penampangnya menggunakan pendekatan integral trapezium dengan persamaan:

$$\text{Luas total} = L1 + L2 + L3 + L4 + L5 + \dots + Ln$$

Setelah mengetahui laju aliran maka dapat diketahui pula besar debit aliran air terjun Tancak Kembar menggunakan persamaan:

$$Q = A \cdot v$$

## 3) Fase Analisis Data

Fase analisis data adalah fase dimana peneliti menganalisis data yang telah diperoleh pada fase pengumpulan data. Hasil yang dianalisis berupa data laju aliran laju aliran dan debit aliran pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso. Hasil analisis data ini berupa hasil nilai kesalahan relatif pengukuran laju aliran dan debit aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso.

## 4) Fase Pembahasan

Pada fase ini, peneliti membahas hasil penelitian yang telah dianalisis sebelumnya. Peneliti juga membahas kajian dinamika fluida pada air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso, serta membahas apa saja hambatan yang terjadi pada saat penelitian.

## 5) Fase Perancangan Bahan Ajar

Pada fase ini, peneliti mulai melakukan perancangan bahan ajar yang berupa *handout* kontekstual yang memuat data-data yang telah diperoleh pada saat penelitian. Deskripsi rancangan bahan ajar kontekstual ini akan meliputi materi, contoh soal dan latihan soal.

#### 6) Fase Kesimpulan

Fase kesimpulan adalah fase dimana peneliti menyimpulkan hasil penelitian yang telah dilakukan, serta memberikan saran bagi peneliti selanjutnya.

### 3.5 Metode Perolehan Data

#### a. Indikator

Data kajian dinamika fluida merupakan data yang berisi tentang kajian konsep dinamika fluida pada air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso. Data yang dikumpulkan berupa data kecepatan aliran ( $v$ ) dan debit air ( $Q$ ).

#### b. Instrumen

Data kajian dinamika fluida dalam penelitian ini dapat diperoleh melalui dua cara yaitu data primer yang diperoleh dari observasi langsung di lapangan dan melalui data sekunder yang diperoleh berdasarkan perhitungan matematis. Tempat penelitian berada di area aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso.

#### c. Kriteria Penilaian

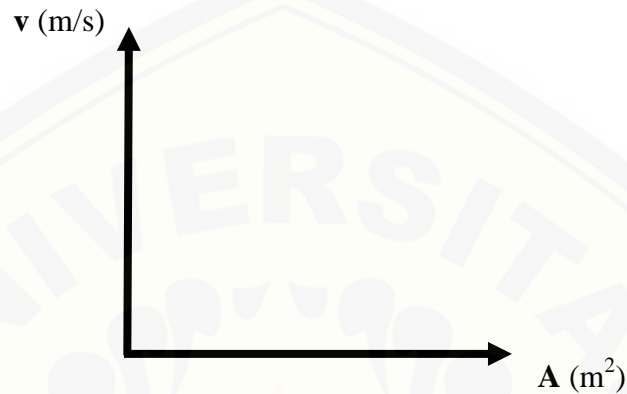
Titik pengukuran berbeda yang diambil berdasarkan kesesuaian rumusan masalah, yakni pada sepanjang aliran sungai air terjun.

#### d. Prosedur

Pengukuran dilakukan sepanjang aliran sungai air terjun Tancak Kembar dengan mengumpulkan data berupa kedalaman ( $s$ ), lebar penampang sungai ( $d$ ), panjang aliran yang digunakan ( $l$ ), luas penampang ( $A$ ), kecepatan aliran air ( $v$ ), dan debit ( $Q$ ) yang dihasilkan. Adapun langkah-langkah pengukuran pada penelitian ini antara lain:

1. Mempersiapkan alat dan bahan,
2. Menentukan area aliran sungai yang memiliki luas penampang berbeda,
3. Mengukur lebar ( $d$ ), panjang ( $l$ ) dan kedalaman ( $s$ ) sungai menggunakan pendekatan trapesium untuk kemudian dihitung luas penampang ( $A$ ) aliran sungai. Menentukan luas penampang menggunakan pendekatan integral trapesium.

4. Mengukur kecepatan arus air ( $v$ ) pada tiap luas penampang yang telah diukur menggunakan sensor *flow water*,
5. Mencatat data hasil penelitian pada tabel 3.2 dan 3.3,
6. Menggambarkan grafik hubungan luas penampang terhadap kecepatan berdasarkan tabel data penelitian,



Gambar 3.2 Grafik hubungan luas penampang dan kecepatan aliran

7. Menghitung kesalahan relatif data hasil penelitian.

### 3.6 Metode Analisis Data

Data hasil pengukuran yang telah diperoleh berdasarkan observasi lapangan akan diolah dan dianalisis untuk menjawab pertanyaan pada rumusan masalah. Adapun data yang diperoleh dari penelitian dimasukkan ke dalam tabel seperti berikut:

Tabel 3.1 Pengukuran kedalaman dan luas penampang

No	Rentang Pengukuran (m)	Kedalaman (m)	Luas Trapesium (m <sup>2</sup> )
1			
2			
3			
.			
.			
.			
Dst			
Total Luas Penampang			

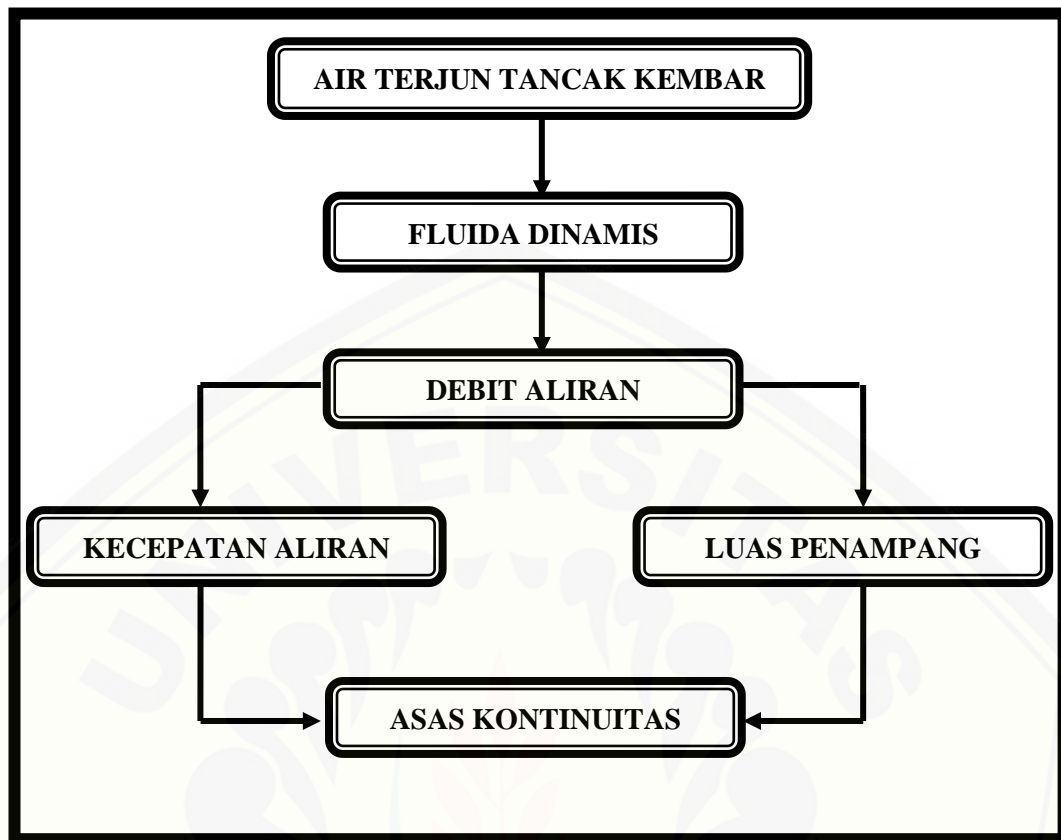
Tabel 3.2 Pengukuran kecepatan pada luas penampang berbeda

No	Lebar Penampang (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Kecepatan (m/s)	Debit ( m <sup>3</sup> /s )
1				
2				
3				
Rata-rata				

Data-data tersebut kemudian dianalisis untuk mengkaji fluida dinamis pada titik pengukuran yang sudah ditentukan. Kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tancak kembar Kabupaten Bondowoso berisi tentang laju aliran, luas penampang sungai dan debit aliran yang dapat dihasilkan oleh aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso. Hasil kajian ini kemudian digunakan untuk mendeskripsikan rancangan bahan ajar fisika kontekstual berupa *handout* yang sesuai dengan pembelajaran di Sekolah Menengah Atas (SMA).

### 3.7 Desain Rancangan *Handout*

Setelah mendapatkan data hasil kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso maka data tersebut akan dijadikan sebagai bahan acuan dalam pembuatan materi, contoh soal dan latihan soal dalam bentuk *handout* siswa pada pokok bahasan fluida dinamis. Materi yang akan dijelaskan pada rancangan *handout* yang meliputi kecepatan aliran, debit aliran, serta asas kontinuitas. Berikut adalah peta konsep rancangan *handout*:



Gambar 3.3 Peta konsep *Handout*

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka yang dapat disimpulkan adalah:

- a. Hasil kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tancak Kembar adalah :
  1. Kecepatan aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso berbanding terbalik terhadap luas penampang sungai, hal ini sesuai dengan teori debit aliran yang menyatakan bahwa luas penampang berbanding terbalik dengan kecepatan aliran ( $A \sim 1/v$ ).
  2. Debit aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso sama dengan hasil perkalian luas penampang dan kecepatan alirannya, sehingga  $v$ .
  3. Debit aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso relatif sama pada tiap penampang, hal ini sesuai dengan asas kontinuitas yang menyatakan bahwa jumlah air yang mengalir tiap satuan waktu relatif sama pada tiap penampang ( $Q_1 = Q_2$ ).
- b. Rancangan *handout* fisika berisi peta konsep, materi mengenai kecepatan aliran, debit aliran, dan asas kontinuitas, serta berisi contoh soal dan latihan soal yang berbasis aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso.

### 5.2 Saran

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

- a. Bagi masyarakat dapat dijadikan sebagai panduan untuk melakukan aktifitas di aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso dengan memperhatikan besar kecepatan dan debit air yang tercantum dalam skripsi ini.
- b. Bagi guru dapat dijadikan sebagai rujukan bahan ajar kontekstual untuk materi dinamika fluida pada pembelajaran fisika di SMA.

- c. Bagi peneliti lain dapat dijadikan sebagai sumber rujukan dalam melaksanakan penelitian terkait materi fluida kontekstual pada air terjun dengan memperhatikan hasil kelemahan penelitian yang ada pada saat pengukuran luas penampang dan debit aliran.





**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdullah, M. 2007. *Fisika Dasar I*. Bandung: ITB.
- Akbar, S. 2015. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung : PT. Remaja Rosdakarya Offset.
- Arif, A., dan Soeharwinto. 2015. Perancangan Sistem Informasi Debit Air Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Singuida ENSIKOM*. Vol 13 (36) : 89-95.
- Arikunto, S. 2002. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Asfiah, N., Mosik, dan Purwantoyo, E. 2013. Pengembangan Modul IPA Terpadu Kontekstual Pada Tema Bunyi. *Unnes Science Education Journal*. Vol. 2 (1): 188-195.
- Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP). 2007 *Instrumen Penilaian Tahap I Buku Teks Pelajaran Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: BSNP.
- Departemen Pendidikan Nasional (Depdiknas). 2008. *Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*. Jakarta: Depdiknas.
- Dinas Pariwisata, Pemuda dan Olahraga, Perhubungan (Disparporahub). 2016. *Harian Bhirawa: Pesona Air Terjun Tancak Kembar*. Bondowoso: Disparporahub.
- Fathiah, Kaniawati, I., dan Utari, S. 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*. Vol. 1 (1): 111-118.
- Frank. 1991. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D., Resnick, R., dan Walker, J. 2011. *Fundamentals of Physics: 9<sup>th</sup> Edition*. US: John Willey and Sons, Inc.
- Harseno, E., dan Jonas, S. 2007. Studi Eksperimental Aliran Berubah Beraturan pada Saluran Terbuka Bentuk Prismatis. *Jurnal Ilmiah UKRIM Edisi 2 (XII)* : 1-26.
- Harto. 1984. *Mengenal Dasar Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.

- Jaya, S.P.S. 2012. Pengembangan Modul Fisika Kontekstual Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas X Semester 2 di SMK Negeri 3 Singaraja. *Jurnal Penelitian Pascasarjana Undiksha*. Vol. 1 (2): 1-24.
- Karli, H. 2012. Model Pembelajaran untuk Mengembangkan Keterampilan Berfikir. *Jurnal Pendidikan Penabur*. Vol 18 (11) : 56-66.
- Kasamba, C., Ndomba, P.M., Kucel, S.B., dan Uamusse, M.M. 2015. Analysis of Flow Estimation Methods for Small Hydropower Schemes in Bua River. *International Journal of Energy and Power Engineering*. Vol. 7 (1): 55-62. <http://dx.doi.org/10.4236/epe.2015.72005>
- Kurniasih, I. dan Sani, B. 2014. *Panduan Membuat Bahan Ajar Buku Teks Pelajaran*. Surabaya : Kata Pena.
- 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.
- Noor, F.M., dan Wilujeng, I. 2015. Pengembangan SSP Fisika Berbasis Pendekatan CTL Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Dan Motivasi Belajar. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*. Vol. 1 (1) : 73-85.
- Nurhadi. 2004. *Pembelajaran Kontekstual dan Penerapannya dalam KBK*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Oktarinah. 2015. Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Model Pembelajaran Proyek Materi Alat-Alat Optik Untuk Kelas X SMA. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*. Vol. 3 (1) : 80-85.
- Othman, A., Khairudin, W.M., Othman, J., Ghani, M.A., Saudi, A.S.M. 2017. Water Flow Measuring Methods In Small Hydropower for Streams And Rivers. *International Journal of Applied Engineering Research*. Vol. 12 (24) : 14484-14489.
- Purwanto, B. 2007. *Fisika Dasar 2 : Teori dan Implementasinya*. Solo : PT. Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Putra, A.S. 2014. Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Sungai : Pulau Kemaro Sampai dengan Sungai Komerling). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol. 2 (3) : 603-608.
- Prastowo, A. 2012. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.
- Rachmad. 2004. *Hidrologi*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.

- Rahmawati, S. dan Sunarti. 2014. *Penilaian dalam Kurikulum 2013*. Yogyakarta : CV. Andi Offset.
- Ranald. 1993. *Mekanika Fluida & Hidraulika*. Jakarta: Erlangga.
- Sajidan. 2014. *Pembelajaran Biologi dengan Pendekatan Sainifik pada Implementasi Kurikulum 2013*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS.
- Suharto. 1991. *Dinamika Dan Mekanika Untuk Perguruan Tinggi*. Jakarta: PT RINEKA CIPTA.
- Trianto. 2007. *Model Pembelajaran Terpadu dalam Teori dan Praktik*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Wibowo, H., Daud, A., dan Al Amin, M.B. 2015. Kajian Teknis dan Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Sungai Lematang Kota Pagar Alam. *Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*. Vol. 4 (1) : 34-41.

LAMPIRAN

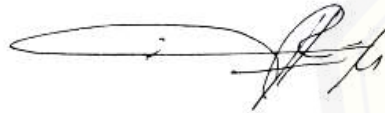
Lampiran A. Matrik Penelitian

Tabel A.1 Matrik Penelitian

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	JENIS PENELITIAN	SUMBER DATA	TEKNIK PENGUMPULAN DATA	ANALISIS DATA	ALUR PENELITIAN
Kajian Dinamika Fluida pada Aliran Air Terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika di SMA	<ol style="list-style-type: none"> <li>Mengkaji dinamika fluida pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso</li> <li>Merancang bahan ajar fisika berdasarkan kajian dinamika fluida pada aliran air terjun</li> </ol>	Deskriptif	<ol style="list-style-type: none"> <li>Data primer berupa pengukuran langsung.</li> <li>Data sekunder berupa perhitungan matematis.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pengukuran langsung.</li> <li>Perhitungan matematis.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Luas penampang aliran:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>Luas trapezium  <math display="block">L = \frac{(a + b) \times t}{2}</math> </li> <li>Luas total  <math display="block">L_{tot} = L_1 + L_2 + \dots</math> </li> </ol> </li> <li>Debit aliran  <math display="block">Q = v \cdot A</math> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Persiapan</li> <li>Pengumpulan data</li> <li>Data</li> <li>Analisis data</li> <li>Pembahasan</li> <li>Perancangan bahan ajar</li> <li>Kesimpulan</li> </ol>

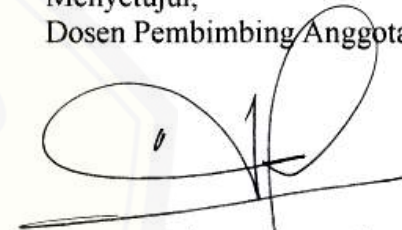
	Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso					
--	--	--	--	--	--	--

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing Utama

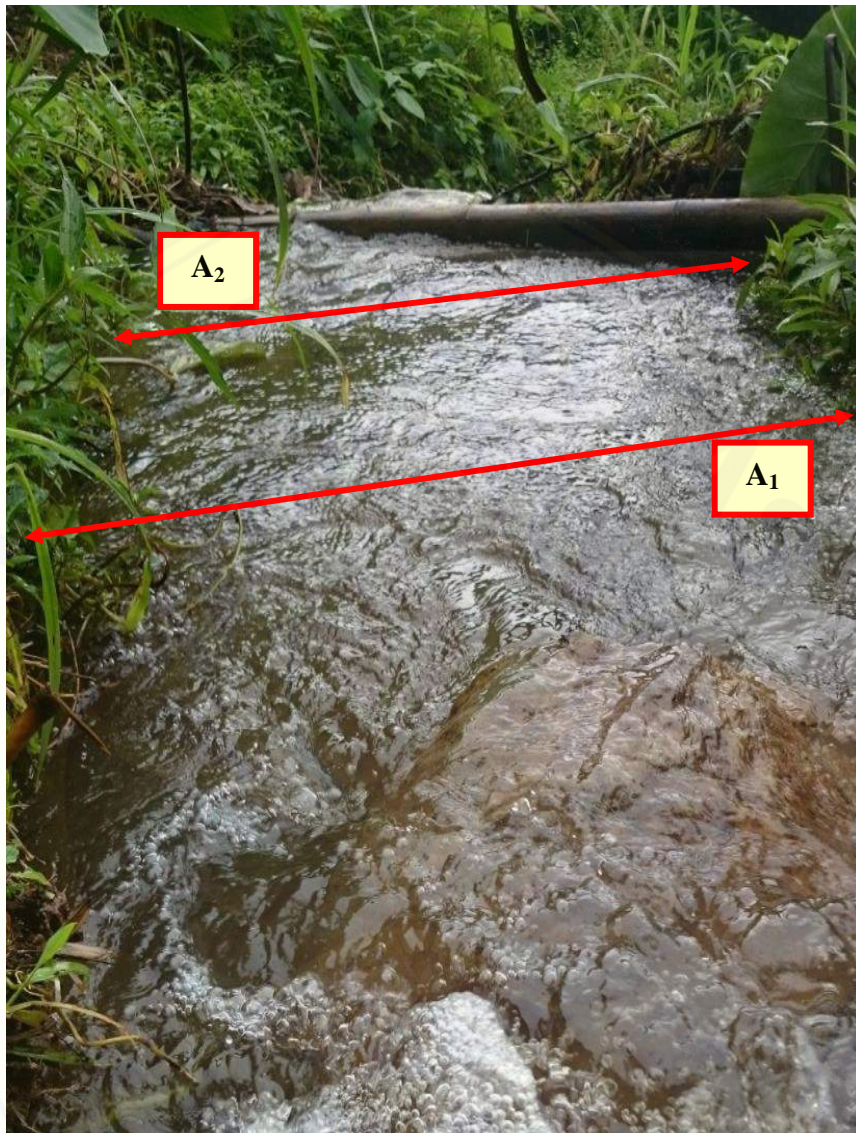


Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si  
NIP. 19580318 198503 1 004

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing Anggota



Dr. Sri Astutik, M.Si  
NIP. 19670610 199203 2 002

**Lampiran B. Pengukuran kedalaman dan luas penampang di lokasi A**

Gambar B.1 Lokasi pengukuran A

Tabel B.1 Data pengukuran menggunakan *flow water sensor* ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

NO	A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>	
	Q (L/s)	v (cm/s)	Q (L/s)	v (cm/s)
1	13,5	6,23	13	7,42
2	13,6	6,25	12,9	7,5
3	13,62	6,26	13	7,45
Rata-rata	13,57	6,25	12,97	7,46

Tabel B.2 Data pengukuran menggunakan *flow water sensor* ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

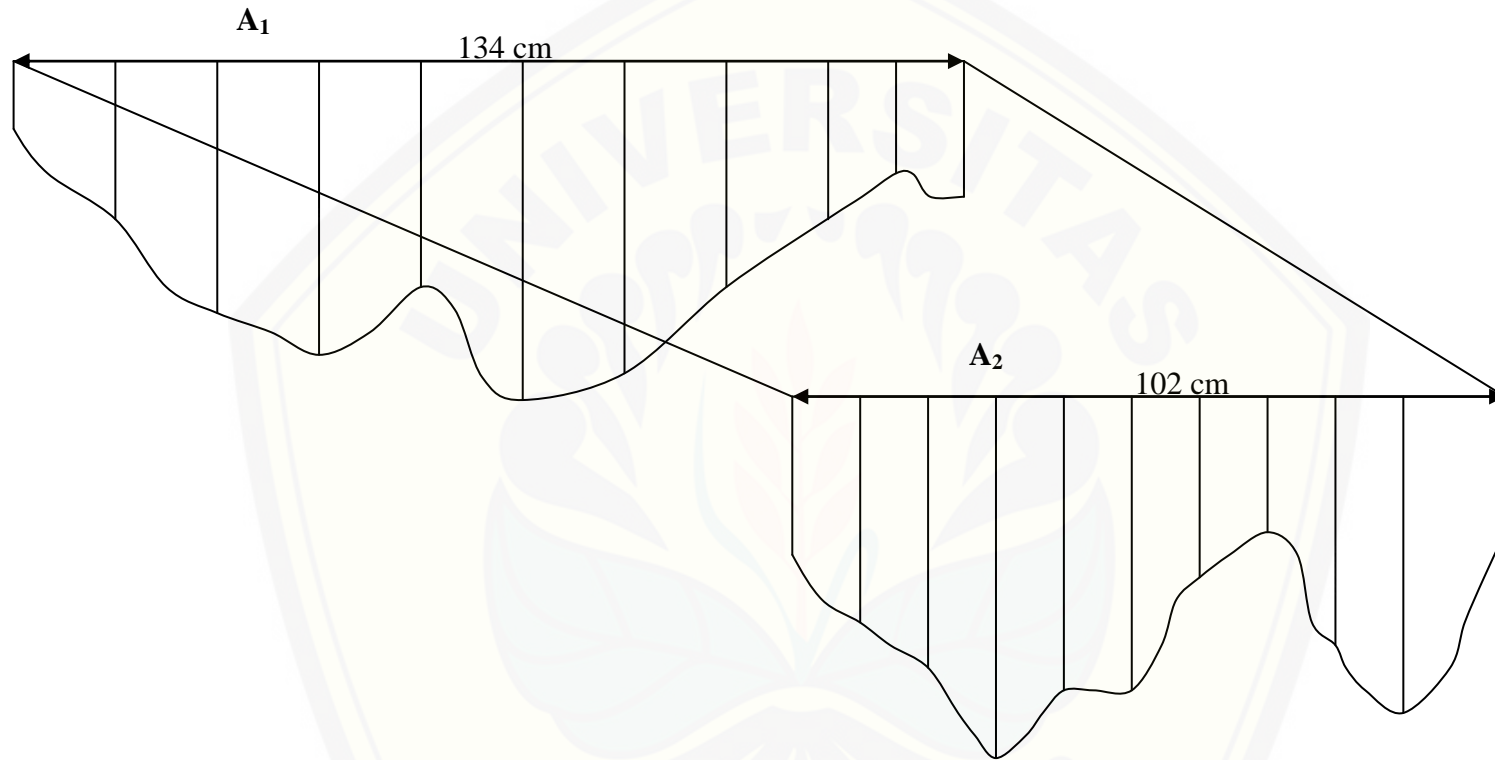
NO	A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>	
	Q (L/s)	v (cm/s)	Q (L/s)	v (cm/s)
1	14,3	6,11	14,2	7,33
2	14,2	6,08	14,2	7,3
3	14,25	6,09	14,1	7,33
Rata-rata	14,25	6,09	14,17	7,32

Tabel B.3 Data pengukuran menggunakan *flow water sensor* ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

NO	A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>	
	Q (L/s)	v (cm/s)	Q (L/s)	v (cm/s)
1	12,9	6,65	12,17	7,33
2	12,9	6,62	12,21	7,34
3	13	6,62	12,15	7,37
Rata-rata	12,93	6,63	12,18	7,35

Tabel B.4 Data pengukuran menggunakan *flow water sensor* ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

NO	A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>	
	Q (L/s)	v (cm/s)	Q (L/s)	v (cm/s)
1	12,9	6,4	12,25	7,13
2	12,8	6,48	12,4	7,15
3	12,85	6,46	12,3	7,17
Rata-rata	12,9	6,4	12,3	7,2



Gambar B.2 Pemodelan bentuk penampang sungai pada lokasi A



Tabel B.5 Data kedalaman aliran air pada lokasi A ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

NO	A <sub>1</sub>						A <sub>2</sub>					
	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA
1	–	–	6	–	–	–	–	–	13	–	–	–
2	14	0,05	13	0,05	133	0,825	10	0,05	17	0,05	150	1
3	14	0,05	18	0,05	217	1,125	10	0,05	19	0,05	180	1,15
4	14	0,05	20	0,05	266	1,3	10	0,05	23	0,05	210	1,3
5	14	0,05	17	0,05	259	1,275	10	0,05	20	0,05	215	1,325
6	14	0,05	22	0,05	273	1,325	10	0,05	20	0,05	200	1,25
7	14	0,05	21	0,05	301	1,425	10	0,05	15	0,05	175	1,125
8	14	0,05	17	0,05	266	1,3	10	0,05	12	0,05	135	0,925
9	14	0,05	13	0,05	210	1,1	10	0,05	18	0,05	150	1
10	11	0,05	10	0,05	126,5	0,85	10	0,05	21	0,05	195	1,225
11	11	0,05	12	0,05	121	0,825	12	0,05	12	0,05	185	1,125
Σ	134 ± 0,05		2172,5 ± 23,05				102 ± 0,05		1808 ± 11,43			

Tabel B.6 Data kedalaman aliran air pada lokasi A ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

NO	A <sub>1</sub>						A <sub>2</sub>					
	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA
1	–	–	9	–	–	–	–	–	10	–	–	–
2	14	0,05	15	0,05	168	0,95	10	0,05	20	0,05	150	1
3	14	0,05	20	0,05	245	1,225	10	0,05	20	0,05	200	1,25
4	14	0,05	22	0,05	294	1,4	10	0,05	25	0,05	225	1,375
5	14	0,05	21	0,05	301	1,425	10	0,05	22	0,05	235	1,425
6	14	0,05	22	0,05	301	1,425	10	0,05	24	0,05	230	1,4
7	14	0,05	20	0,05	294	1,4	10	0,05	16	0,05	200	1,25
8	14	0,05	18	0,05	266	1,3	10	0,05	11	0,05	135	0,925
9	14	0,05	13	0,05	217	1,125	10	0,05	18	0,05	145	0,975
10	11	0,05	12	0,05	137,5	0,9	10	0,05	22	0,05	200	1,25
11	11	0,05	10	0,05	121	0,825	12	0,05	14	0,05	216	1,2
Σ	134 ± 0,05				2344,5 ± 11,98		102 ± 0,05				1936 ± 12,05	

Tabel B.3 Data kedalaman aliran air pada lokasi A ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

NO	A <sub>1</sub>						A <sub>2</sub>					
	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA
1	–	–	6	–	–	–	–	–	10	–	–	–
2	14	0,05	10	0,05	112	0,75	10	0,05	15	0,05	125	0,875
3	14	0,05	15	0,05	175	0,975	10	0,05	18	0,05	165	1,075
4	14	0,05	18	0,05	231	1,175	10	0,05	20	0,05	190	1,2
5	14	0,05	16	0,05	238	1,2	10	0,05	18	0,05	190	1,2
6	14	0,05	20	0,05	252	1,25	10	0,05	18	0,05	180	1,15
7	14	0,05	18	0,05	266	1,3	10	0,05	16	0,05	170	1,1
8	14	0,05	18	0,05	252	1,25	10	0,05	10	0,05	130	0,9
9	14	0,05	14	0,05	224	1,15	10	0,05	16	0,05	130	0,9
10	11	0,05	10	0,05	132	0,875	10	0,05	20	0,05	180	1,15
11	11	0,05	10	0,05	110	0,775	12	0,05	10	0,05	180	1,05
Σ	134 ± 0,05		1992 ± 10,7			102 ± 0,05			1640 ± 10,6			

Tabel B.8 Data kedalaman aliran air pada lokasi A ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

NO	A <sub>1</sub>						A <sub>2</sub>					
	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA
1	–	–	4	–	–	–	–	–	10	–	–	–
2	14	0,05	10	0,05	98	0,7	10	0,05	12	0,05	110	0,8
3	14	0,05	14	0,05	168	0,95	10	0,05	20	0,05	160	1,05
4	14	0,05	18	0,05	224	1,15	10	0,05	18	0,05	190	1,2
5	14	0,05	16	0,05	238	1,2	10	0,05	20	0,05	190	1,2
6	14	0,05	19	0,05	245	1,225	10	0,05	21	0,05	205	1,275
7	14	0,05	20	0,05	273	1,325	10	0,05	15	0,05	180	1,15
8	14	0,05	18	0,05	266	1,3	10	0,05	10	0,05	125	0,875
9	14	0,05	16	0,05	238	1,2	10	0,05	14	0,05	120	0,85
10	11	0,05	10	0,05	143	0,975	10	0,05	22	0,05	180	1,15
11	11	0,05	10	0,05	110	0,775	12	0,05	10	0,05	192	1,1
Σ	134 ± 0,05				2003 ± 10,75		102 ± 0,05				1702 ± 10,65	

Tabel B.9 Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi A ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Debit ( L/s )	Kecepatan (cm/s)
A <sub>1</sub>	134 ± 0,05	2172,5 ± 23,05	13,5	6,23
			13,6	6,25
			13,62	6,26
			Rata-rata	
A <sub>2</sub>	102 ± 0,05	1808 ± 11,43	13	7,42
			12,9	7,5
			13	7,45
			Rata-rata	

Tabel B.10 Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi A ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

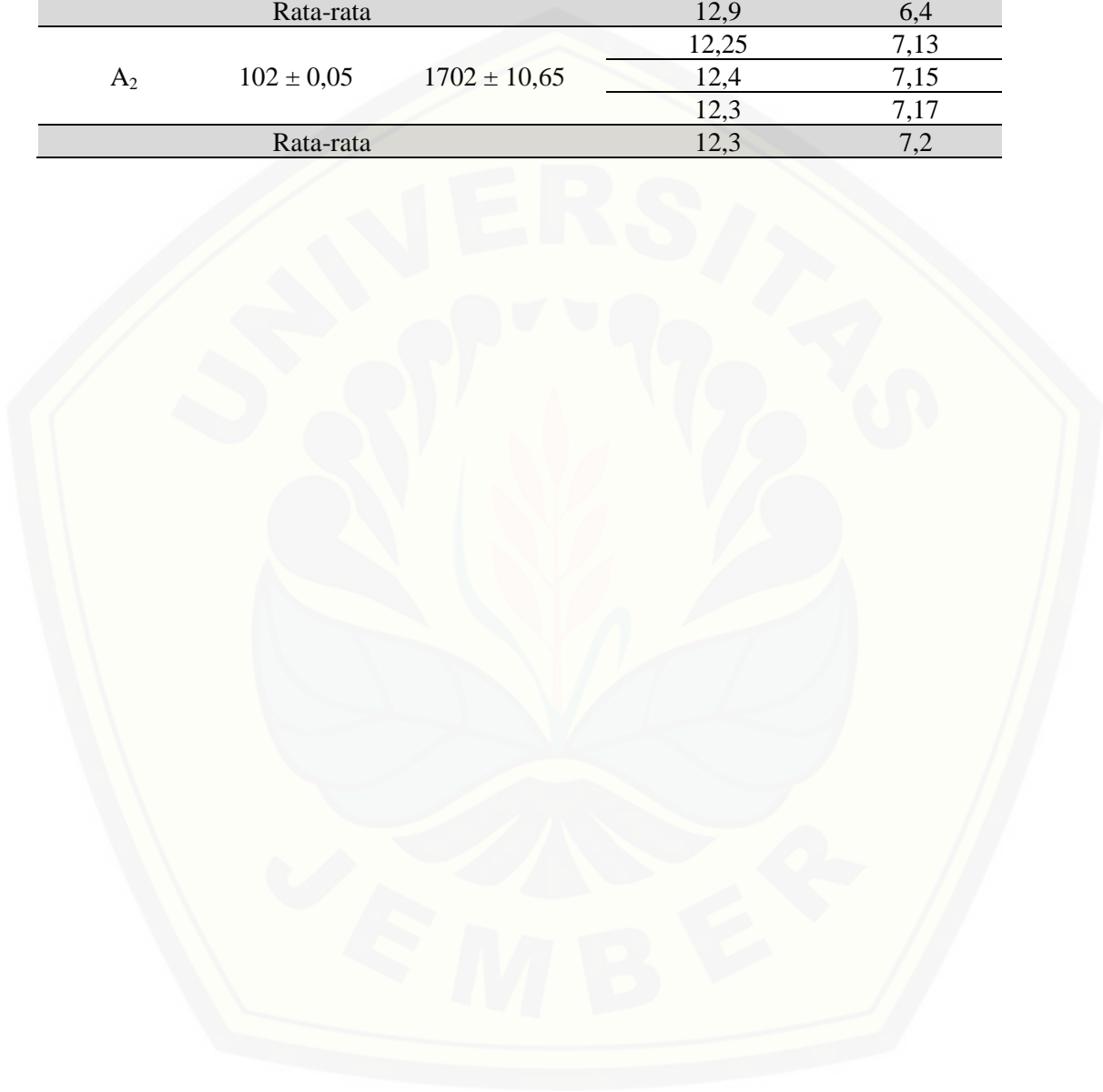
Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Debit ( L/s )	Kecepatan (cm/s)
A <sub>1</sub>	134 ± 0,05	2344,5 ± 11,98	14,3	6,11
			14,2	6,08
			14,25	6,09
			Rata-rata	
A <sub>2</sub>	102 ± 0,05	1936 ± 12,05	14,2	7,33
			14,2	7,3
			14,1	7,33
			Rata-rata	

Tabel B.11 Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi A ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Debit ( L/s )	Kecepatan (cm/s)
A <sub>1</sub>	134 ± 0,05	1992 ± 10,7	12,9	6,65
			12,9	6,62
			13	6,62
			Rata-rata	
A <sub>2</sub>	102 ± 0,05	1640 ± 10,6	12,17	7,33
			12,21	7,34
			12,15	7,37
			Rata-rata	

Tabel B.12 Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi A ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Debit ( L/s )	Kecepatan (cm/s)
A <sub>1</sub>	134 ± 0,05	2003 ± 10,75	12,9	6,44
			12,8	6,48
			12,85	6,46
Rata-rata			12,9	6,4
A <sub>2</sub>	102 ± 0,05	1702 ± 10,65	12,25	7,13
			12,4	7,15
			12,3	7,17
Rata-rata			12,3	7,2



Lampiran C. Pengukuran kedalaman dan luas penampang di lokasi B



Gambar C.1 Lokasi pengukuran B

Tabel C.1 Data pengukuran menggunakan *flow water sensor* ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

NO	B <sub>1</sub>		B <sub>2</sub>	
	Q (L/s)	v (cm/s)	Q (L/s)	v (cm/s)
1	10,2	12,88	10,41	19,6
2	10,35	12,9	10,4	19,52
3	10,28	12,84	10,48	19,58
Rata-rata	10,28	12,87	10,43	19,57

Tabel C.2 Data pengukuran menggunakan *flow water sensor* ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

NO	B <sub>1</sub>		B <sub>2</sub>	
	Q (L/s)	v (cm/s)	Q (L/s)	v (cm/s)
1	10,8	12,15	11,09	18,55
2	10,7	12,15	11	18,57
3	10,8	12,1	11	18,6
Rata-rata	10,77	12,13	11,03	18,57

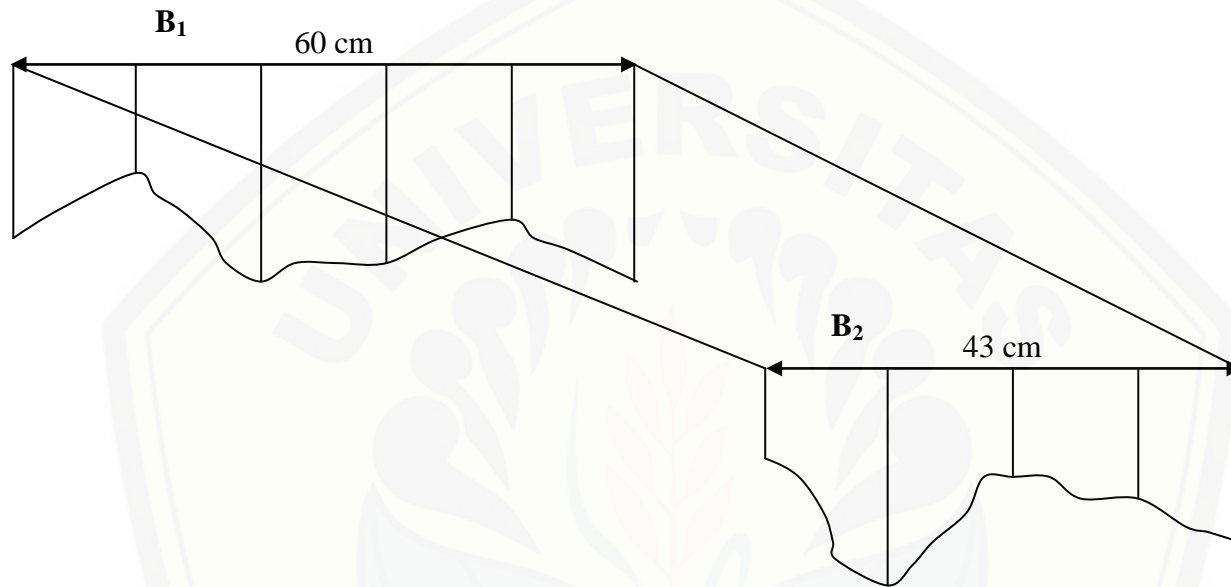
Tabel C.3 Data pengukuran menggunakan *flow water sensor* ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

NO	B <sub>1</sub>		B <sub>2</sub>	
	Q (L/s)	v (cm/s)	Q (L/s)	v (cm/s)
1	10,1	13,7	10,45	21,4
2	10,2	13,7	10,4	21,43
3	10,15	13,8	10,49	21,4
Rata-rata	10,15	13,73	10,45	21,41

Tabel C.4 Data pengukuran menggunakan *flow water sensor* ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

NO	B <sub>1</sub>		B <sub>2</sub>	
	Q (L/s)	v (cm/s)	Q (L/s)	v (cm/s)
1	10,2	13,64	10,48	22,23
2	10,15	13,63	10,5	22,26
3	10,21	13,7	10,55	22,29
Rata-rata	10,2	13,7	10,5	22,3





Gambar C.2 Pemodelan bentuk penampang sungai pada lokasi B

Tabel C.5 Data kedalaman aliran air pada lokasi B ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

NO	B <sub>1</sub>						B <sub>2</sub>					
	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA
1	–	–	14	–	–	–	–	–	7	–	–	–
2	12	0,05	10	0,05	144	0,9	11	0,05	16	0,05	126,5	0,85
3	12	0,05	16	0,05	156	0,95	11	0,05	10	0,05	143	0,925
4	12	0,05	15	0,05	186	0,075	11	0,05	12	0,05	121	0,825
5	12	0,05	13	0,05	168	1,0	10	0,05	14	0,05	130	0,9
6	12	0,05	16	0,05	174	1,025						
Σ	60 ± 0,05				828 ± 4,95		43 ± 0,05				520,5 ± 3,50	

Tabel C.6 Data kedalaman aliran air pada lokasi B ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

NO	B <sub>1</sub>						B <sub>2</sub>					
	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA
1	–	–	16	–	–	–	–	–	9	–	–	–
2	12	0,05	10	0,05	156	0,95	11	0,05	15	0,05	132	0,875
3	12	0,05	18	0,05	168	1	11	0,05	12	0,05	148,5	0,95
4	12	0,05	14	0,05	144	1,1	11	0,05	15	0,05	148,5	0,95
5	12	0,05	16	0,05	180	1,05	10	0,05	16	0,05	155	1,025
6	12	0,05	16	0,05	192	1,1						
Σ	60 ± 0,05				840 ± 5,2		43 ± 0,05				584 ± 3,8	

Tabel C.7 Data kedalaman aliran air pada lokasi B ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

NO	B <sub>1</sub>						B <sub>2</sub>						
	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	
1	–	–	10	–	–	–	–	–	7	–	–	–	
2	12	0,05	12	0,05	132	0,85	11	0,05	13	0,05	110	0,775	
3	12	0,05	14	0,05	156	0,95	11	0,05	11	0,05	132	0,875	
4	12	0,05	16	0,05	180	1,05	11	0,05	10	0,05	115,5	0,8	
5	12	0,05	10	0,05	156	0,95	10	0,05	15	0,05	125	0,875	
6	12	0,05	8	0,05	108	0,75							
Σ	60 ± 0,05				732 ± 4,55		43 ± 0,05				482,5 ± 3,33		

Tabel C.8 Data kedalaman aliran air pada lokasi B ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

NO	B <sub>1</sub>						B <sub>2</sub>						
	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	
1	–	–	11	–	–	–	–	–	8	–	–	–	
2	12	0,05	13	0,05	144	0,9	11	0,05	11	0,05	104,5	0,75	
3	12	0,05	13	0,05	156	0,95	11	0,05	12	0,05	126,5	0,85	
4	12	0,05	14	0,05	162	0,975	11	0,05	10	0,05	121	0,825	
5	12	0,05	10	0,05	144	0,9	10	0,05	13	0,05	115	0,85	
6	12	0,05	12	0,05	132	0,85							
Σ	60 ± 0,05				738 ± 4,58		43 ± 0,05				467 ± 3,28		

Tabel C.9 Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi B ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Debit ( L/s )	Kecepatan (cm/s)
B <sub>1</sub>	60 ± 0,05	828 ± 4,95	10,2	12,88
			10,35	12,9
			10,28	12,84
			Rata-rata	10,28
B <sub>2</sub>	43 ± 0,05	520,5 ± 3,50	10,41	19,6
			10,4	19,52
			10,48	19,58
			Rata-rata	10,43

Tabel C.10 Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi B ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

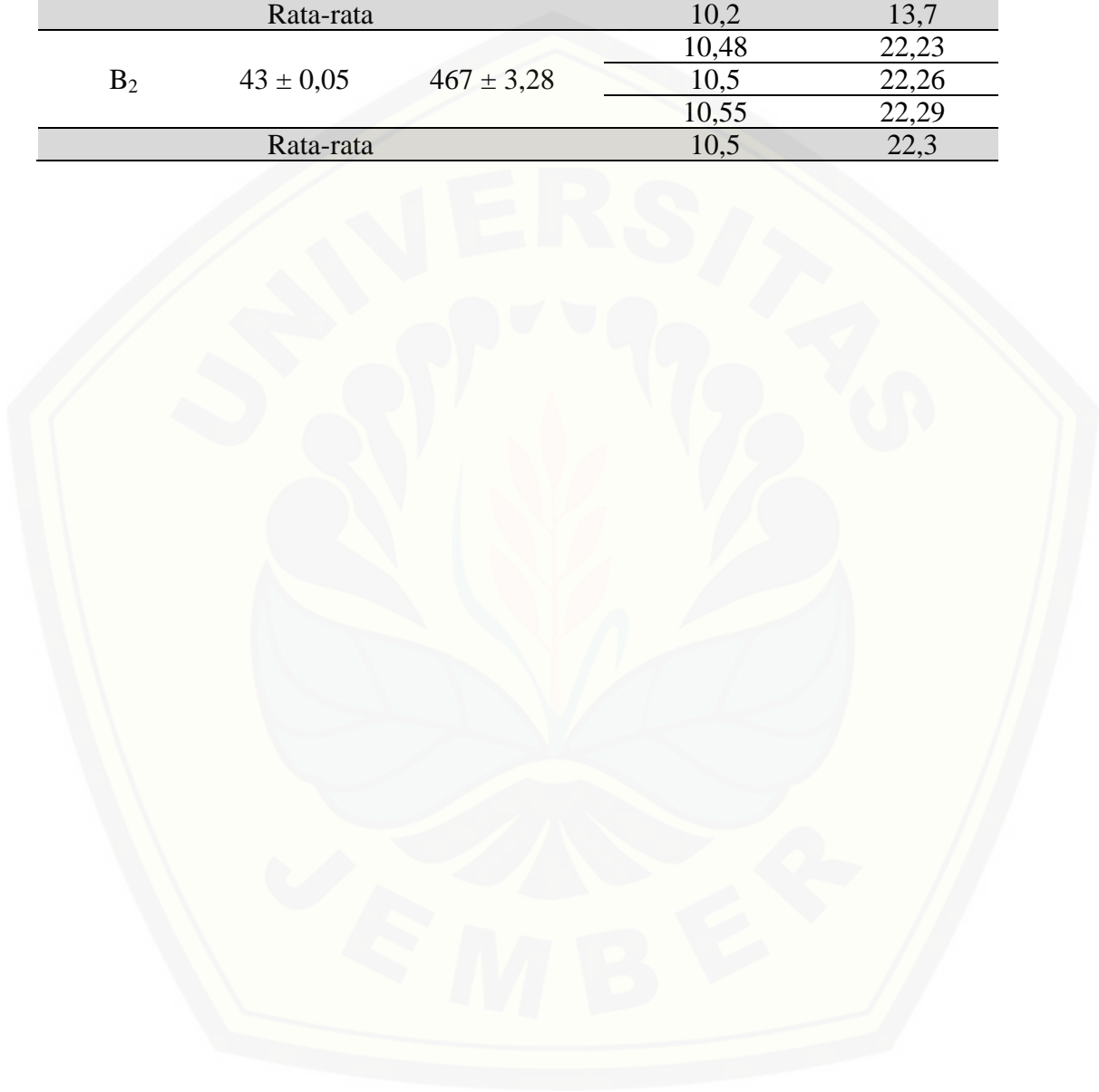
Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Debit ( L/s )	Kecepatan (cm/s)
B <sub>1</sub>	60 ± 0,05	840 ± 5,2	10,8	12,15
			10,7	12,15
			10,8	12,1
			Rata-rata	10,77
B <sub>2</sub>	43 ± 0,05	584 ± 3,8	11,09	18,55
			11	18,57
			11	18,6
			Rata-rata	11,03

Tabel C.11 Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi B ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

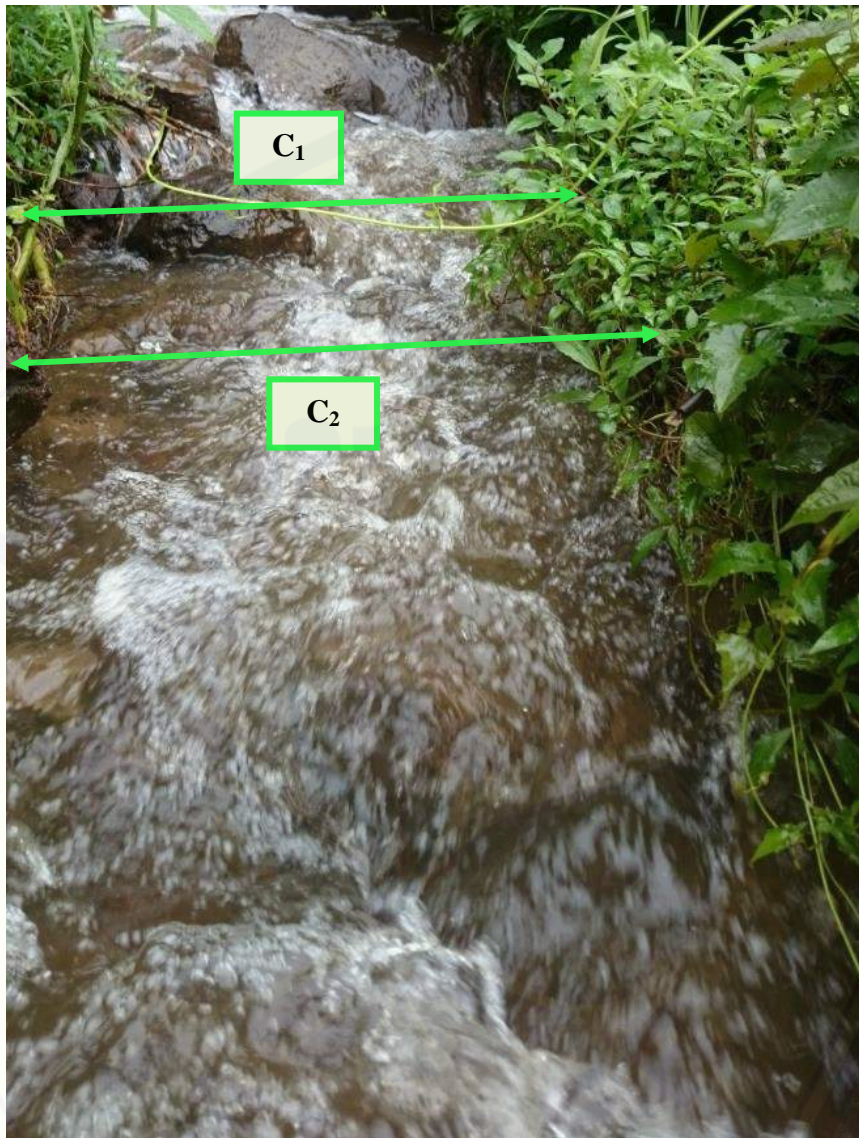
Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Debit ( L/s )	Kecepatan (cm/s)
B <sub>1</sub>	60 ± 0,05	732 ± 4,55	10,1	13,7
			10,2	13,7
			10,15	13,8
			Rata-rata	10,15
B <sub>2</sub>	43 ± 0,05	482,5 ± 3,33	10,45	21,4
			10,4	21,43
			10,49	21,4
			Rata-rata	10,45

Tabel C.12 Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi B ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Debit ( L/s )	Kecepatan (cm/s)
B <sub>1</sub>	60 ± 0,05	738 ± 4,58	10,2	13,64
			10,15	13,63
			10,21	13,7
Rata-rata			10,2	13,7
B <sub>2</sub>	43 ± 0,05	467 ± 3,28	10,48	22,23
			10,5	22,26
			10,55	22,29
Rata-rata			10,5	22,3



**Lampiran D. Pengukuran kedalaman dan luas penampang di lokasi C**



Gambar D.1 Lokasi pengukuran C

Tabel D.1 Data pengukuran menggunakan *flow water sensor* ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

NO	C <sub>1</sub>		C <sub>2</sub>	
	Q (L/s)	v (cm/s)	Q (L/s)	v (cm/s)
1	10,05	13,87	9,6	10,29
2	10	13,82	9,64	10,37
3	10	13,85	9,61	10,39
Rata-rata	10,02	13,85	9,62	10,35

Tabel D.2 Data pengukuran menggunakan *flow water sensor* ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

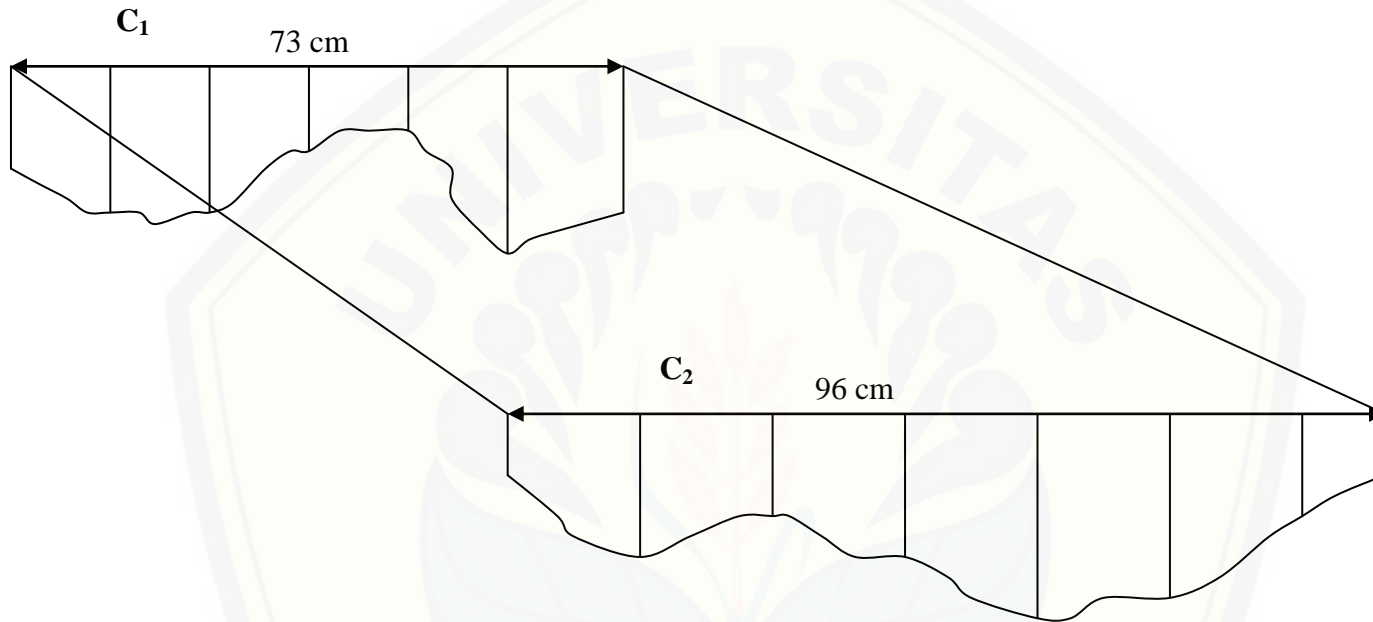
NO	C <sub>1</sub>		C <sub>2</sub>	
	Q (L/s)	v (cm/s)	Q (L/s)	v (cm/s)
1	10,18	12,75	10,16	10,08
2	10,1	12,8	10,2	10,05
3	10,15	12,79	10,19	10,12
Rata-rata	10,14	12,78	10,18	10,08

Tabel D.3 Data pengukuran menggunakan *flow water sensor* ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

NO	C <sub>1</sub>		C <sub>2</sub>	
	Q (L/s)	v (cm/s)	Q (L/s)	v (cm/s)
1	9,1	13,75	9,1	9,8
2	9,04	13,7	9,06	9,88
3	9	13,69	9,13	9,87
Rata-rata	9,05	13,71	9,10	9,85

Tabel D.4 Data pengukuran menggunakan *flow water sensor* ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

NO	C <sub>1</sub>		C <sub>2</sub>	
	Q (L/s)	v (cm/s)	Q (L/s)	v (cm/s)
1	9,24	13,5	9,3	10,6
2	9,26	13,6	9,29	10,62
3	9,2	13,68	9,23	10,58
Rata-rata	9,2	13,6	9,3	10,6



Gambar D.2 Pemodelan bentuk penampang sungai pada lokasi C



Tabel D.5 Data kedalaman aliran air pada lokasi C ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

NO	C <sub>1</sub>						C <sub>2</sub>					
	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA
1	–	–	10	–	–	–	–	–	8	–	–	–
2	12	0,05	11	0,05	126	0,825	14	0,05	10	0,05	126	0,8
3	12	0,05	10	0,05	126	0,825	14	0,05	9	0,05	133	0,825
4	12	0,05	9	0,05	114	0,775	14	0,05	10	0,05	133	0,825
5	12	0,05	8	0,05	102	0,725	14	0,05	9	0,05	133	0,825
6	12	0,05	12	0,05	120	0,8	14	0,05	14	0,05	161	0,925
7	13	0,05	13	0,05	162,5	0,95	14	0,05	8	0,05	154	0,9
8							12	0,05	7	0,05	90	0,675
Σ	73 ± 0,05				750,5 ± 4,9		96 ± 0,05				930 ± 5,78	

Tabel D.6 Data kedalaman aliran air pada lokasi C ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

NO	C <sub>1</sub>						C <sub>2</sub>					
	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA
1	–	–	11	–	–	–	–	–	9	–	–	–
2	12	0,05	12	0,05	138	0,875	14	0,05	11	0,05	140	0,85
3	12	0,05	9	0,05	126	0,825	14	0,05	10	0,05	147	0,875
4	12	0,05	10	0,05	114	0,775	14	0,05	12	0,05	154	0,9
5	12	0,05	10	0,05	120	0,8	14	0,05	8	0,05	140	0,85
6	12	0,05	11	0,05	126	0,825	14	0,05	13	0,05	147	0,875
7	13	0,05	13	0,05	156	0,925	14	0,05	12	0,05	175	0,975
8							12	0,05	6	0,05	108	0,75
Σ	73 ± 0,05				780 ± 5,03		96 ± 0,05				1011 ± 6,08	

Tabel D.7 Data kedalaman aliran air pada lokasi C ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

NO	C <sub>1</sub>						C <sub>2</sub>					
	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA
1	–	–	8	–	–	–	–	–	6	–	–	–
2	12	0,05	10	0,05	108	0,75	14	0,05	10	0,05	112	0,75
3	12	0,05	10	0,05	120	0,8	14	0,05	8	0,05	126	0,8
4	12	0,05	7	0,05	102	0,725	14	0,05	10	0,05	126	0,8
5	12	0,05	6	0,05	78	0,625	14	0,05	13	0,05	161	0,925
6	12	0,05	12	0,05	108	0,75	14	0,05	12	0,05	175	0,975
7	13	0,05	10	0,05	143	0,875	14	0,05	8	0,05	140	0,85
8							12	0,05	6	0,05	84	0,65
Σ	73 ± 0,05				659 ± 4,53		96 ± 0,05				924 ± 5,75	

Tabel D.8 Data kedalaman aliran air pada lokasi C ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

NO	C <sub>1</sub>						C <sub>2</sub>					
	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA	l (cm)	Δl	h (cm)	Δh	A (cm <sup>2</sup> )	ΔA
1	–	–	8	–	–	–	–	–	7	–	–	–
2	12	0,05	10	0,05	108	0,75	14	0,05	11	0,05	126	0,8
3	12	0,05	13	0,05	138	0,875	14	0,05	8	0,05	133	0,825
4	12	0,05	10	0,05	138	0,875	14	0,05	12	0,05	140	0,85
5	12	0,05	6	0,05	96	0,7	14	0,05	10	0,05	154	0,9
6	12	0,05	9	0,05	90	0,675	14	0,05	10	0,05	140	0,85
7	13	0,05	7	0,05	104	0,725	14	0,05	6	0,05	112	0,75
8							12	0,05	6	0,05	72	0,6
Σ	73 ± 0,05				674 ± 4,6		96 ± 0,05				877 ± 5,58	

Tabel D.9 Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi C ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Debit ( L/s )	Kecepatan (cm/s)
C <sub>1</sub>	73 ± 0,05	750,5 ± 4,9	10,05	13,87
			10	13,82
			10	13,85
Rata-rata			10,02	13,85
C <sub>2</sub>	96 ± 0,05	930 ± 5,78	9,6	10,29
			9,64	10,37
			9,61	10,39
Rata-rata			9,62	10,35

Tabel D.10 Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi C ( Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Debit ( L/s )	Kecepatan (cm/s)
C <sub>1</sub>	73 ± 0,05	780 ± 5,03	10,18	12,75
			10,1	12,8
			10,15	12,79
Rata-rata			10,14	12,78
C <sub>2</sub>	96 ± 0,05	1011 ± 6,08	10,16	10,08
			10,2	10,05
			10,19	10,12
Rata-rata			10,18	10,08

Tabel D.11 Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi C( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB )

Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Debit ( L/s )	Kecepatan (cm/s)
C <sub>1</sub>	73 ± 0,05	659 ± 4,53	9,1	13,75
			9,04	13,7
			9	13,69
Rata-rata			9,05	13,71
C <sub>2</sub>	96 ± 0,05	924 ± 5,75	9,1	9,8
			9,06	9,88
			9,13	9,87
Rata-rata			9,10	9,85

Tabel D.12 Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi C ( Selasa, 13 Februari 2018 pukul 13.00 WIB )

Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Debit ( L/s )	Kecepatan (cm/s)
C <sub>1</sub>	73 ± 0,05	674 ± 4,6	9,24	13,5
			9,26	13,6
			9,2	13,68
Rata-rata			9,2	13,6
C <sub>2</sub>	96 ± 0,05	877 ± 5,58	9,3	10,6
			9,29	10,62
			9,23	10,58
Rata-rata			9,3	10,6

**Lampiran E. Perhitungan Ralat**

a. Ralat tunggal pengukuran lebar dan kedalaman sungai:

$$\Delta \bar{x} = \frac{1}{2} \times nst \text{ mistar}$$

$$\Delta \bar{x} = \frac{1}{2} \times 0,1 \text{ cm}$$

$$\Delta \bar{x} = 0,05 \text{ cm}$$

b. Ralat pengukuran debit pada sensor *flow water*:

$$\Delta \bar{Q} = \frac{1}{2} \times nst \text{ sensor}$$

$$\Delta \bar{Q} = \frac{1}{2} \times 0,1 \text{ L/s}$$

$$\Delta \bar{Q} = 0,05 \text{ L/s}$$

c. Ralat perhitungan luas penampang sungai:

$$A = \frac{1}{2}(h_1 + h_2)l$$

$$\Delta A = \frac{\partial A}{\partial h} \Delta h + \frac{\partial A}{\partial l} \Delta l$$

$$\Delta A = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l$$

1. Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB

$$\Delta A_{A1} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 23,05 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{A2} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 11,43 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{B1} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 4,95 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{B2} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 3,50 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{C1} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 4,9 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{C2} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 5,78 \text{ cm}^2$$

2. Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 13.00 WIB

$$\Delta A_{A1} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 11,98 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{A2} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 12,05 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{B1} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 5,2 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{B2} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 3,8 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{C1} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 5,03 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{C2} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 6,08 \text{ cm}^2$$

3. Selasa, 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB

$$\Delta A_{A1} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 10,7 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{A2} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 10,6 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{B1} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 4,55 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{B2} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 3,33 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{C1} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 4,53 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{C2} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 5,75 \text{ cm}^2$$

4. Selasa, 13 Februari 2018 pukul 13.00 WIB

$$\Delta A_{A1} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 10,75 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{A2} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 10,65 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{B1} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 4,58 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{B2} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 3,28 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{C1} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 4,6 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A_{C2} = \frac{l}{2} \Delta h + \frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l = 5,58 \text{ cm}^2$$

d. Ralat pengukuran berulang kecepatan aliran:

$$v = (\bar{v} \pm \Delta \bar{v})$$

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N v_i}{N}$$

$$\Delta \bar{v} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N - 1)}}$$

1. Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB

$$\Delta \bar{v}_{A1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N - 1)}} = 0,02$$

$$\Delta \bar{v}_{A2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N - 1)}} = 0,04$$

$$\Delta \bar{v}_{B1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N - 1)}} = 0,03$$

$$\Delta \bar{v}_{B2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N - 1)}} = 0,04$$

$$\Delta \bar{v}_{C1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N - 1)}} = 0,03$$

$$\Delta \bar{v}_{C2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N - 1)}} = 0,05$$

2. Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 13.00 WIB

$$\Delta\bar{v}_{A1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,02$$

$$\Delta\bar{v}_{A2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,02$$

$$\Delta\bar{v}_{B1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,03$$

$$\Delta\bar{v}_{B2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,04$$

$$\Delta\bar{v}_{C1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,03$$

$$\Delta\bar{v}_{C2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,04$$

3. Selasa, 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB

$$\Delta\bar{v}_{A1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,02$$

$$\Delta\bar{v}_{A2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,02$$

$$\Delta\bar{v}_{B1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,06$$

$$\Delta\bar{v}_{B2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,02$$

$$\Delta\bar{v}_{C1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,03$$



$$\Delta \bar{v}_{C2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,04$$

4. Selasa, 13 Februari 2018 pukul 13.00 WIB

$$\Delta \bar{v}_{A1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,04$$

$$\Delta \bar{v}_{A2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,02$$

$$\Delta \bar{v}_{B1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,04$$

$$\Delta \bar{v}_{B2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,03$$

$$\Delta \bar{v}_{C1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,09$$

$$\Delta \bar{v}_{C2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = 0,02$$

e. Ralat perhitungan debit air:

$$Q = v \cdot A$$

$$\Delta Q = \frac{\partial Q}{\partial v} \Delta v + \frac{\partial Q}{\partial A} \Delta A$$

$$\Delta Q = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A$$

1. Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 09.00 WIB

$$\Delta Q_{A1} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 143,6 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{A2} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 84,8 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{B1} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 63,6 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{B2} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 66,1 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{C1} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 67,6 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{C2} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 59,9 \text{ cm}^3/\text{s}$$

2. Sabtu, 10 Februari 2018 pukul 13.00 WIB

$$\Delta Q_{A1} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 72,7 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{A2} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 88,3 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{B1} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 62,9 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{B2} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 70,6 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{C1} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 64,4 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{C2} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 61,2 \text{ cm}^3/\text{s}$$

3. Selasa, 13 Februari 2018 pukul 09.00 WIB

$$\Delta Q_{A1} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 70,8 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{A2} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 77,8 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{B1} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 62,7 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{B2} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 71,4 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{C1} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 62,3 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{C2} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 56,8 \text{ cm}^3/\text{s}$$

4. Selasa, 13 Februari 2018 pukul 13.00 WIB

$$\Delta Q_{A1} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 69,2 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{A2} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 76,2 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{B1} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 62,4 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{B2} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 73,0 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{C1} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 62,9 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q_{C2} = A \cdot \Delta v + v \cdot \Delta A = 56,0 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Lampiran F. Rancangan *Handout*

# HANDOUT FISIKA

*Dinamika Fluida pada Aliran Air Terjun Tancak Kembar  
Kabupaten Bondowoso*



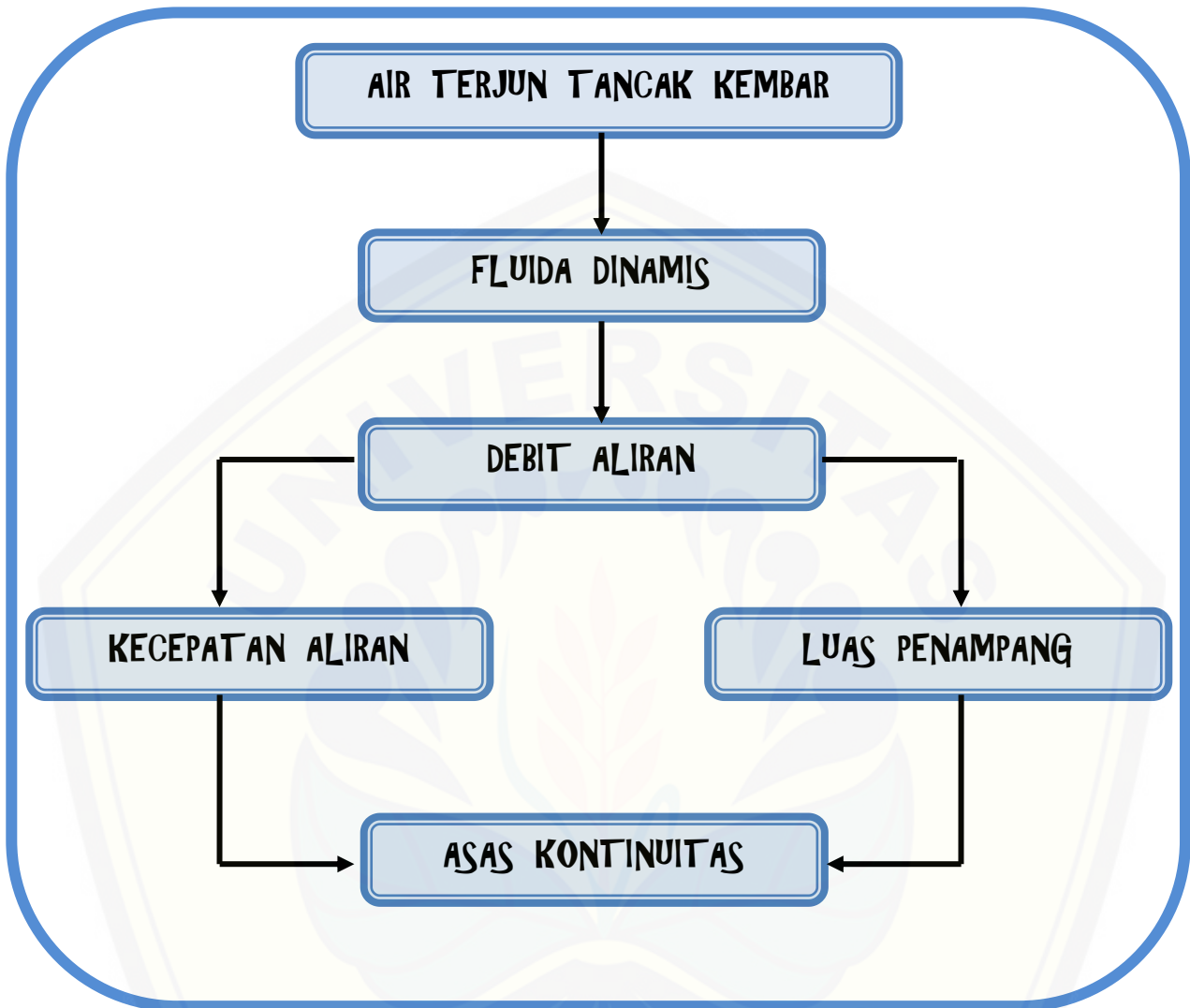
XI

SMA/MA

Dina Fadilah Aini  
Drs. Sri Handono B. P., M.Si  
Dr. Sri Astutik, M.Si



# ~ Peta Konsep ~

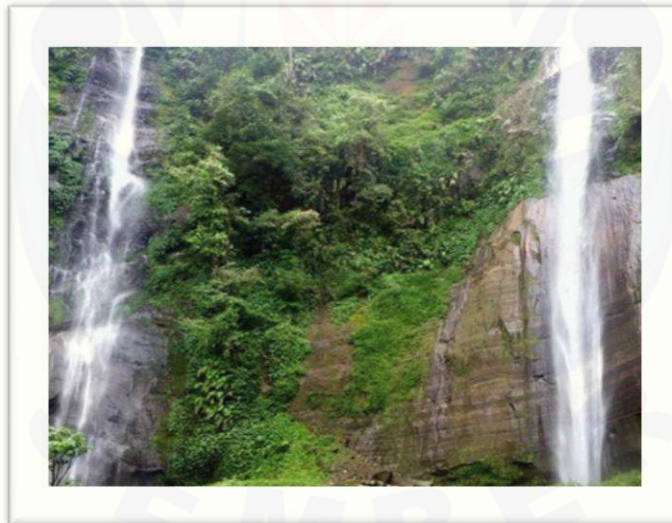


## Air Terjun Tancak Kembar, Kabupaten Bondowoso

Air terjun ini berada di lereng pegunungan Argopuro, dengan ketinggian 77 Meter. Dengan suasana yang hijau dan di penuhi oleh hutan lindung pada ketinggian 900 M dari permukaan laut, membuat air terjun Tancak Kembar sangat menawan untuk dikunjungi. Berada di ketinggian 1100 mdpl, wajar bila lokasi ini selalu diliputi awan dingin.

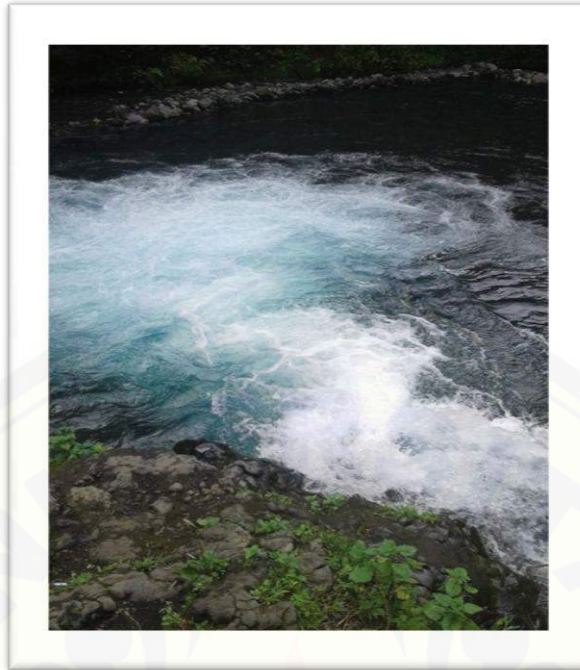
Selain air terjun, di sekitar lokasi wisata ini juga terdapat pusat penelitian kopi arabika dan kakao dengan luas 180 Hektar. Air terjun ini terletak di desa Andongsari, kecamatan Pakem, 25 Km arah barat kota Bondowoso. Selain menjadi obyek wisata, air terjun ini juga di fungsikan sebagai sarana irigasi bagi kepentingan masyarakat sekitar.

Ada dua aliran air terjun yang satu sama lain berjarak sekitar 20 meter. Kedua air terjun tersebut memiliki ketinggian yang sama. Berdasarkan mitos yang berkembang di masyarakat setempat, air terjun ini merupakan tempat pemandian Dewi Rengganis.

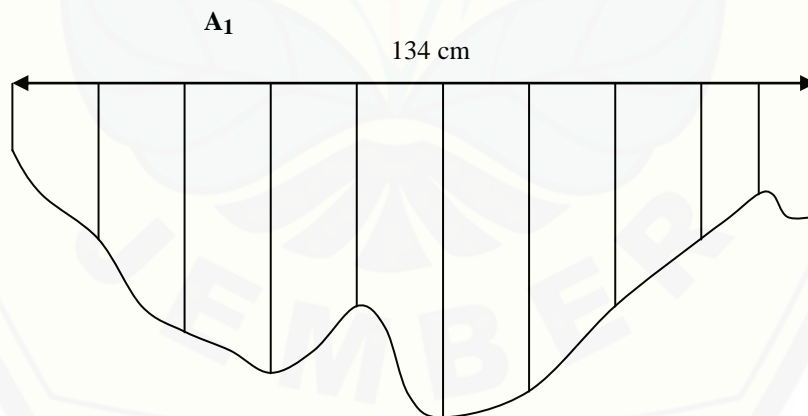


Aliran air terjun Tancak Kembar ini dapat digunakan sebagai sumber belajar dalam mengkaji materi Fluida Dinamis khususnya asas kontinuitas dan debit air serta penerapannya dalam hal menghitung daya energi mikrohidro yang diajarkan di Sekolah Menengah Atas (SMA).

## Kondisi Aliran



Jika kita melihat aliran sungai pada air terjun Tancak Kembar, maka kita akan mengetahui bahwa kedalaman sungainya berbeda-beda pada setiap titik. Hal tersebut disebabkan oleh adanya endapan lumpur dan tumpukan batuan pada dasar sungai. Jika diilustrasikan, maka bentuk penampang sungai adalah sebagai berikut:



Penampang ini dianggap memiliki bentuk trapezium dengan luas total sebesar  $2172,5 \text{ cm}^2$  dengan lebar sungai sebesar 1,34 meter.

## DEBIT ALIRAN

### **KOMPETENSI DASAR:**

3.7 Menerapkan prinsip fluida dinamik dalam teknologi.

### **Indikator:**

- 3.7.1 Mendefinisikan kecepatan aliran air dan luas penampang aliran air.
- 3.7.2 Menganalisis pengaruh kecepatan dan laju aliran air terhadap debit aliran air.
- 3.7.3 Menerapkan besaran-besaran fisika dalam bentuk persamaan dan menggunakannya dalam pemecahan masalah.

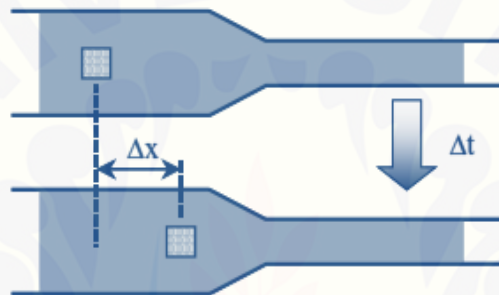


## 1) KECEPATAN ALIRAN

Sebelum mempelajari debit aliran, mari kita pelajari mengenai kecepatan aliran. Kecepatan aliran ( $v$ ) mengukur jarak yang ditempuh satu elemen dalam fluida per satuan waktu. Sebuah elemen fluida yang berpindah sejauh  $\Delta x$  dalam selang waktu  $\Delta t$ . Kecepatan aliran dapat dirumuskan menjadi:

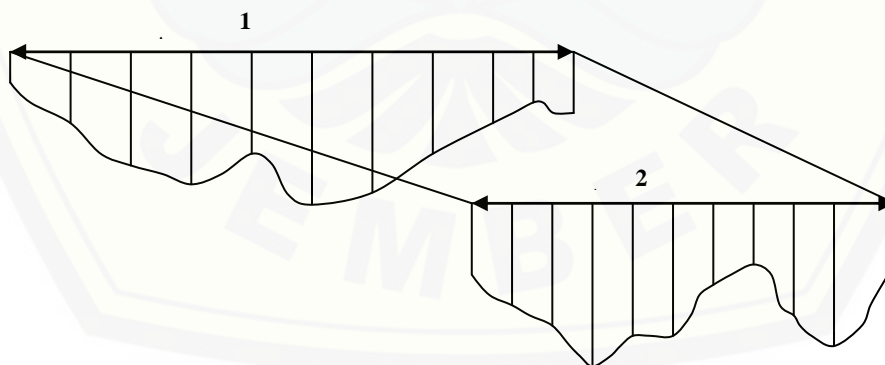
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Seperti ditunjukkan pada gambar berikut;



Gambar 1. Selama selang waktu  $\Delta t$ , elemen dalam fluida berpindah sejauh  $\Delta x$

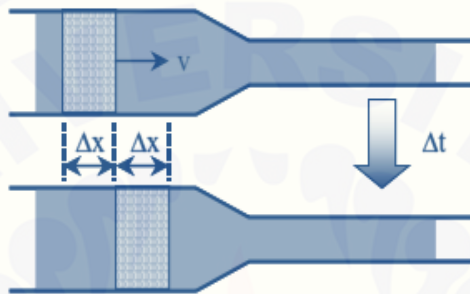
Pada aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso, kecepatan aliran bergantung pada luas penampang. Pada kondisi tertentu dengan pemodelan penampang seperti berikut,



Gambar 2. Pemodelan penampang aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso maka kecepatan aliran pada penampang 1 bergantung pada luas penampang 1, begitu pula pada penampang 2. Kecepatan pada penampang 1 adalah 6,23 cm/s sedangkan pada penampang 2 adalah 7,42 cm/s.

## 2) DEBIT ALIRAN

Debit aliran 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 kuatitas air yang mengalir, volume air yang mengalir atau suplai air yang mengalir, yang mana debit air ini berbeda-beda dalam penggunaannya.



Gambar 3. Elemen fluida berupa silinder dengan ketebalan  $\Delta x$  berpindah sejauh  $\Delta x$  selama selang waktu  $\Delta t$

Debit air yang mengalir pada suatu penampang saluran dinyatakan dengan:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Misalkan sebuah ember yang telah dilubangi dengan luas penampang  $A$  dengan selang waktu  $\Delta t$  menempuh jarak  $L$ . Volume fluida adalah  $V = A \cdot L$ , sedangkan jarak telah kita ketahui pada persamaan GLB (Gerak Lurus Beraturan) bahwa  $x$  atau  $L = v \cdot \Delta t$ , sehingga debit  $Q$  dapat kita nyatakan sebagai:

$$Q = \frac{A \cdot v \Delta t}{\Delta t}$$

$$Q = A \cdot v$$

dengan:

$V$  = volume air ( $\text{m}^3$ )

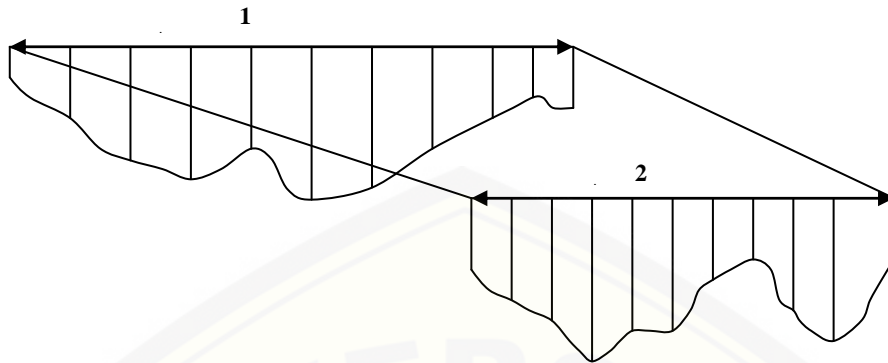
$t$  = selang waktu (s)

$A$  = luas penampang aliran ( $\text{m}^2$ )

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

$Q$  = debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

Pada aliran air terjun tancak kembar kabupaten bondowoso, debit aliran dapat diketahui setelah mengetahui besar luas penampang dan kecepatan alirannya. Pada kondisi aliran seperti pada gambar berikut;



Gambar 4. Pemodelan penampang aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso debit aliran bergantung pada besar luas penampang dan kecepatan alirannya. Semakin besar luas penampang alirannya maka kecepatan alirannya akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Pada penampang 1 dengan luas  $2172,5 \text{ cm}^2$  memiliki luas penampang  $6,23 \text{ cm/s}$  sedangkan penampang 2 dengan luas  $1808 \text{ cm}^2$  memiliki luas penampang  $7,42 \text{ cm/s}$ .

## Contoh Fenomena

Difa mengukur luas penampang aliran air terjun Tancak kembar menggunakan penggaris sebesar  $2172,5 \text{ cm}^2$ . Jika aliran air terjun Tancak kembar memiliki kecepatan aliran  $6,03 \text{ cm/s}$ , maka berapakah debit air yang dihasilkan?

### Penyelesaian

Diketahui :  $A = 2172,5 \text{ cm}^2$   
 $v = 6,03 \text{ cm/s}$

Ditanya : debit aliran (  $Q$  ) ?

Jawab :

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = 2172,5 \cdot 6,03$$

$$Q = 13100,18 \text{ cm}^3/\text{s}$$

## Penalaran

Air terjun Tancak Kembar memiliki dua aliran air terjun. Jika diketahui volume air yang mengalir berbeda, apakah debit airnya sama? Jelaskan alasanmu!



# Latihan Soal

## Review

1. Jelaskan konsep debit aliran!
2. Air terjun Tancak Kembar memiliki dua aliran air terjun. Dengan ketinggian yang sama, apakah debit aliran kedua air terjun tersebut akan sama? Jika tidak, mengapa?

## Pemahaman

1. Aliran air terjun Tancak Kembar memiliki kecepatan aliran 12,84 cm/s. Rara mengukur luas penampang alirannya adalah 828 cm<sup>2</sup> dan debit air dalam waktu 2 sekon adalah 21263,04 cm<sup>3</sup>/s maka berapakah volume air yang mengalir?
2. Pada suatu hari, Aldan dan Fadil bermain arum jeram di aliran air terjun Tancak Kembar. Jika luas penampang alirannya adalah 2344,5 cm<sup>2</sup> dan debit airnya 15637,82 cm<sup>3</sup>/s, maka berapakah kecepatan aliran air yang dilalui oleh Aldan dan Fadil pada saat bermain arum jeram?

# ASAS KONTINUITAS

## **KOMPETENSI DASAR:**

3.7 Menerapkan prinsip fluida dinamik dalam teknologi.

## **Indikator:**

3.7.4 Mendeskripsikan asas kontinuitas.

## 1) ASAS KONTINUITAS

Jika suatu fluida mengalir dengan aliran tunak, maka massa fluida yang masuk ke salah satu ujung pipa haruslah sama dengan massa fluida yang keluar dari ujung pipa yang lain selama selang waktu yang sama. Hal ini berlaku karena pada aliran tunak tidak ada fluida yang dapat meninggalkan pipa melalui dinding-dinding pipa (garis arus yang tidak berpotongan).

Ketika meninjau suatu fluida yang mengalir dengan aliran tunak dan perhatikanlah bagian 1 dan 2 dari pipa. Misalkanlah bahwa:



Gambar 5. Aliran fluida pada pipa

Jika  $A_1$  dan  $A_2$  adalah luas penampang pipa pada ujung 1 dan 2 dan  $v_1$  dan  $v_2$  adalah kecepatan partikel-partikel pada 1 dan 2 maka selama selang waktu  $\Delta t$ , fluida bergerak ke kanan menempuh jarak  $x_1 = v_1 \cdot \Delta t$  dan fluida pada 2 bergerak ke kanan menempuh jarak  $x_2 = v_2 \cdot \Delta t$ . Oleh karena itu, volume  $V_1 = A_1 \cdot x_1$  akan masuk ke pipa pada bagian 1 dan volume  $V_2 = A_2 \cdot x_2$  akan keluar dari bagian 2. Dengan menyamakan massa fluida yang masuk pada bagian 1 dan yang keluar dari bagian 2 selama selang waktu  $\Delta t$  akan Anda peroleh persamaan kontinuitas berikut:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = A_3 v_3 = \dots = A_n v_n = \text{konstan}$$

dengan:

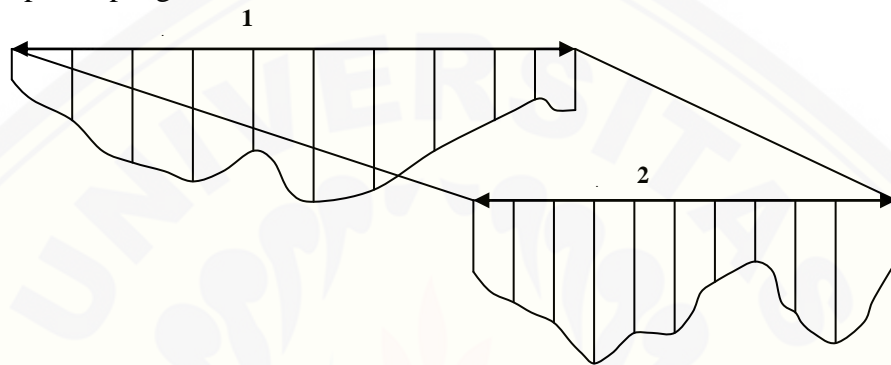
$A$  = luas penampang aliran ( $m^2$ )

$v$  = kelajuan aliran ( $m/s$ )

Sehingga bunyi asas kontinuitas adalah:

Pada fluida tak termampatkan, hasil kali antara kelajuan fluida dan luas penampang selalu konstan.

Air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso memiliki aliran sungai yang termasuk dalam aliran yang tak seragam. Hal ini dikarenakan oleh adanya perubahan luas penampang di berbagai titik yang mengakibatkan adanya perubahan kecepatan aliran. Misalnya pada penampang aliran berikut ini;



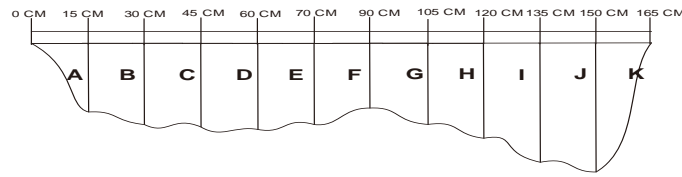
Gambar 6. Pemodelan penampang aliran air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso

Adanya perubahan luas penampang dari penampang 1 ke penampang 2 akan mengakibatkan adanya perubahan kecepatan aliran. Halliday *et al* (2011 : 372) menyatakan bahwa hubungan antara kecepatan dan luas penampang disebut dengan asas kontinuitas. Sehingga debit aliran pada penampang yang satu dengan yang lain akan bernilai sama atau relatif sama. Pada gambar di atas debit pada penampang 1 adalah  $13578,13 \text{ cm}^3/\text{s}$  dengan luas permukaan  $2172,5 \text{ cm}^2$  dan kecepatan aliran sebesar  $6,25 \text{ cm/s}$ , sedangkan debit pada penampang 2 adalah  $13487,68 \text{ cm}^3/\text{s}$  dengan luas permukaan  $1808 \text{ cm}^2$  dan kecepatan aliran sebesar  $7,46 \text{ cm/s}$ . Besar debit pada penampang 1 dan penampang 2 relatif sama, hal ini dikarenakan oleh adanya pergeseran dasar aliran yang disebabkan kecepatan air sehingga luas penampangnya ikut berubah.



## Contoh Fenomena

Aliran sungai Tancak Kembar memiliki bentuk penampang sebagai berikut:



Jika penampang C-D memiliki luas permukaan sebesar  $0,234 \text{ m}^2$  dan kecepatan aliran pada penampang C-D sebesar  $17 \text{ m/s}$ . Berapakah kecepatan aliran pada penampang H-I yang memiliki luas penampang  $0,385 \text{ m}^2$ ?

*Penyelesaian:*

Diketahui :  $A_{C-D} = 0,234 \text{ m}^2$   
 $A_{H-I} = 0,385 \text{ m}^2$   
 $v_{C-D} = 15 \text{ m/s}$

Ditanya : kecepatan aliran pada penampang H-I ?

Jawab :

Berdasarkan asas kontinuitas, maka kecepatan aliran pada penampang H-I dapat dicari menggunakan persamaan:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$0,234 \cdot 15 = 0,385 \cdot v_2$$

$$v_2 = \frac{0,234 \cdot 15}{0,385} = 9,12 \text{ m/s}$$

## Penalaran



Apabila sebuah perahu yang terbuat dari kertas yang dihanyutkan pada aliran sungai yang luas penampangnya kecil perahu lebih cepat hanyut, sedangkan perahu yang dihanyutkan pada aliran sungai yang luas penampangnya lebar akan lebih lambat hanyutnya. Mengapa hal tersebut terjadi?

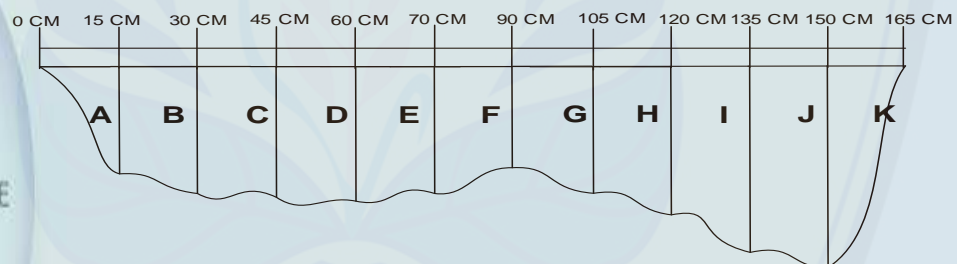
# Latihan Soal

## Review

1. Jelaskan konsep Asas Kontinuitas!
2. Jika fluida melewati dua buah penampang yang berbeda ukurannya, apakah kecepatan alirannya akan memiliki nilai yang sama? Jelaskan alasanmu!

## Pemahaman

1. Perhatikan gambar penampang sungai Tancak Kembar berikut!



- a. Jika kecepatan aliran pada penampang C-D sebesar 14,2 m/s dan kecepatan aliran pada penampang G-H sebesar 10,1 m/s. Berapakah luas penampang C-D jika diketahui luas penampang G-H adalah 0,243 m<sup>2</sup>?
- b. Jika penampang A-C memiliki luas permukaan sebesar 0,124 m<sup>2</sup> dan kecepatan aliran pada penampang A-C sebesar 18 m/s. Berapakah kecepatan aliran pada penampang F-H yang memiliki luas penampang 0,285 m<sup>2</sup>?

# You Must Know



Perlu kita ketahui bahwa potensi energi air terjun adalah memanfaatkan energi karena ketinggian atau potensial yang selanjutnya dikonversi menjadi energi kinetik untuk menggerakkan sirip dan memutar turbin selanjutnya menjadi energi listrik. Sehingga dengan persamaan energi potensial, kita bisa mencari besarnya energi yang dikandung pada air terjun adalah sebagai berikut;

$$P = \frac{E_p}{\Delta t}$$

$$P = \frac{m g \cdot h}{\Delta t}$$

$$P = \frac{\rho V g \cdot h}{\Delta t}$$

$$P = \rho Q g \cdot h$$

Besarnya energi yang dikandung pada air terjun juga dapat dicari melalui persamaan energi kinetik aliran air terjun sebagai berikut ;

$$P = \frac{E_k}{\Delta t}$$

$$P = \frac{m v^2}{2 \Delta t}$$

$$P = \frac{\rho V v^2}{2 \Delta t}$$

$$P = \frac{1}{2} \rho Q v^2$$

dimana :  $P$  = daya terbangkitkan (Watt)

$v$  = kecepatan (m/s)

$m$  = massa (kg)

$\rho$  = massa jenis air = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$V$  = volume (m<sup>3</sup>)

$g$  = gravitasi = 9,81 m<sup>2</sup>/s

$Q$  = debit (m<sup>3</sup>/s h = tinggi efektif (m)



**Lampiran G. Dokumentasi Kegiatan**



Gambar G.1 Air terjun Tancak Kembar Kabupaten Bondowoso



Gambar G.2 Pengukuran kedalaman, debit dan kecepatan aliran