



**KAJIAN DINAMIKA FLUIDA PADA ALIRAN AIR TERJUN TUJUH
BIDADARI KABUPATEN JEMBER SEBAGAI BAHAN UNTUK
MENYUSUN RANCANGAN MODUL FLUIDA DINAMIS
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN
BERPIKIR KRITIS SISWA DI SMA**

SKRIPSI

Oleh
M. Anis Fuadi
NIM 140210102083

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



**KAJIAN DINAMIKA FLUIDA PADA ALIRAN AIR TERJUN TUJUH
BIDADARI KABUPATEN JEMBER SEBAGAI BAHAN UNTUK
MENYUSUN RANCANGAN MODUL FLUIDA DINAMIS
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN
BERPIKIR KRITIS SISWA 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
M. Anis Fuadi
NIM 140210102083

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

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, serta sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang kusayangi, Bapak Zainal Arifin dan Ibu Siti Syah, terimakasih atas segala doa, untaian dzikir, kasih sayang, motivasi, nasihat serta pengorbanan yang diberikan kepada saya selama ini;
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi, terimakasih telah memberikan ilmu serta bimbingan dengan penuh kesabaran dan keikhlasan;
3. Almamater yang kubanggakan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember, khususnya jurusan Pendidikan MIPA Program Studi Pendidikan Fisika.

MOTTO

*Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap (Al-Insyirah, 6-8)**



^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 2009. *Al Qur'an dan Terjemah*. Bandung: Sygma Exagrafika.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Anis Fuadi

NIM : 140210102083

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Kajian Dinamika Fluida pada Aliran Air Terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember sebagai Bahan untuk Menyusun Rancangan Modul Fluida Dinamis untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMA” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 2018

Yang menyatakan,

M. Anis Fuadi

NIM 140210102083

SKRIPSI

**KAJIAN DINAMIKA FLUIDA PADA ALIRAN AIR TERJUN TUJUH BIDADARI
KABUPATEN JEMBER SEBAGAI BAHAN UNTUK MENYUSUN
RANCANGAN MODUL FLUIDA DINAMIS UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR
KRITIS SISWA DI SMA**

Oleh:

M. Anis Fuadi

NIM. 140210102083

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kajian Dinamika Fluida pada Aliran Air Terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember sebagai Bahan untuk Menyusun Rancangan Modul Fluida Dinamis untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMA” karya M. Anis Fuadi telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris

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

Drs. Alex Harijanto, M. Si
NIP. 19641117 199103 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Yushardi, S.Si., M. Si
NIP. 19650420 199512 1 001

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

Mengesahkan
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D
NIP. 19680802 199303 1004

RINGKASAN

Kajian Dinamika Fluida pada Aliran Air Terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember sebagai Bahan untuk Menyusun Rancangan Modul Fluida Dinamis untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMA; M. Anis Fuadi, 140210102083; 2018: 100 halaman; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Fisika adalah cabang ilmu sains yang mempelajari tentang gejala-gejala, kejadian-kejadian alam serta hubungan dan interaksi dari benda-benda di alam. Fisika telah berkembang baik isi materi maupun kegunaan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) bahkan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu sangat penting dilaksanakan pembelajaran fisika yang bersifat kontekstual. Namun, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran fisika yang terlaksana masih belum memuat kontekstual. Salah satu materi pembelajaran fisika yang dianggap sulit oleh siswa adalah fluida dinamis. Materi fluida dinamis yang disampaikan dalam pembelajaran masih bersifat abstrak. Salah satu cara mengatasi kesulitan siswa pada pemahaman konsep fluida dinamis adalah melalui pengembangan bahan ajar fisika berbasis kontekstual. Akan tetapi masih banyak peneliti yang mengembangkan bahan ajar kontekstual hanya sekedar 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. Salah satu fenomena fluida dinamis yang dapat menerangkan konsep-konsep dan data-data dalam bentuk materi dan soal yang sesuai dengan kondisi nyata ialah melalui peristiwa air terjun.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan data kajian dinamika fluida pada aliran air terjun tujuh bidadari Kabupaten Jember. Data hasil kajian dinamika fluida pada aliran air terjun tujuh bidadari ini dijadikan sebagai acuan untuk merancang rancangan modul fluida dinamis yang kontekstual yang berisikan tentang materi, contoh soal, dan latihan soal untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Kemudian dilakukan validasi ahli oleh dua dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember untuk mengukur tingkat kevalidan modul fluida dinamis ini.

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Berdasarkan teori yang bersifat umum diaplikasikan untuk menjelaskan tentang seperangkat data. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kematerian dinamika fluida pada aliran air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember sebagai bahan untuk merancang modul pada pembelajaran fisika di SMA. Pengukuran dilakukan pada dua lokasi berbeda, pertama disepanjang aliran sungai air terjun dan di aliran air terjun itu sendiri.

Hasil penelitian di sepanjang aliran air terjun tujuh bidadari Kabupaten Jember didapatkan hasil bahwa kecepatan aliran pada lokasi A dengan luas penampang $6.343,5 \text{ cm}^2$ dan $3.865,5 \text{ cm}^2$ adalah sebesar $5,13 \text{ cm/s}$ dan $8,46 \text{ cm/s}$. Sedangkan pada lokasi B dengan luas penampang 7.635 cm^2 dan 3.405 cm^2 adalah sebesar $3,77 \text{ cm/s}$ dan $8,58 \text{ cm/s}$. Pengukuran juga dilakukan pada lokasi C dengan luas penampang sebesar $4.447,5 \text{ cm}^2$ dan $2.397,5 \text{ cm}^2$ memiliki kecepatan aliran sebesar $6,39 \text{ cm/s}$ dan $11,82 \text{ cm/s}$. Pengukuran berikutnya dilakukan di air terjun tujuh bidadari dan didapatkan hasil kecepatan air terjun pada dasar air terjun adalah sebesar $12,38 \text{ m/s}$ dengan ketinggian h_{total} sebesar $7,82 \text{ m}$. Sedangkan kecepatan air terjun pada ketinggian setengah h_{total} yakni sebesar $8,75 \text{ m/s}$ dengan ketinggian sebesar $3,91 \text{ m}$.

Berdasarkan data diatas dapat dianalisis bahwa nilai kecepatannya berbanding terbalik terhadap luas penampang sungai, semakin besar luas penampang sungai maka kecepatan aliran akan semakin kecil, hal ini sesuai dengan asas kontinuitas yang menyatakan bahwa kecepatan aliran berbanding terbalik terhadap luas penampang. Kemudian kecepatan jatuhnya air terjun berbanding lurus terhadap ketinggian air terjun, hal ini sesuai dengan prinsip gerak jatuh bebas dan hukum bernoulli. Rancangan modul fluida dinamis setelah dilakukan validasi ahli memperoleh nilai rata-rata sebesar $75,43$ dan dikategorikan valid.

Berdasarkan analisis data dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: 1) Kecepatan aliran berbanding terbalik terhadap luas penampang sungai, hal ini sesuai dengan asas kontinuitas. 2) Kecepatan jatuhnya air bebanding lurus terhadap ketinggian air terjun, hal ini sesuai dengan prinsip gerak jatuh bebas dan hukum bernoulli. 3) Rancangan modul fluida dinamis yang disusun memuat materi fluida dinamis, contoh soal, dan latihan soal untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. 4) Rancangan modul fluida dinamis mendapatkan nilai validasi rata-rata sebesar $75,43$ dan dikategorikan valid.

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 Tujuh Bidadari Kabupaten Jember sebagai Bahan untuk Merancang Modul Fluida Dinamis untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMA”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

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

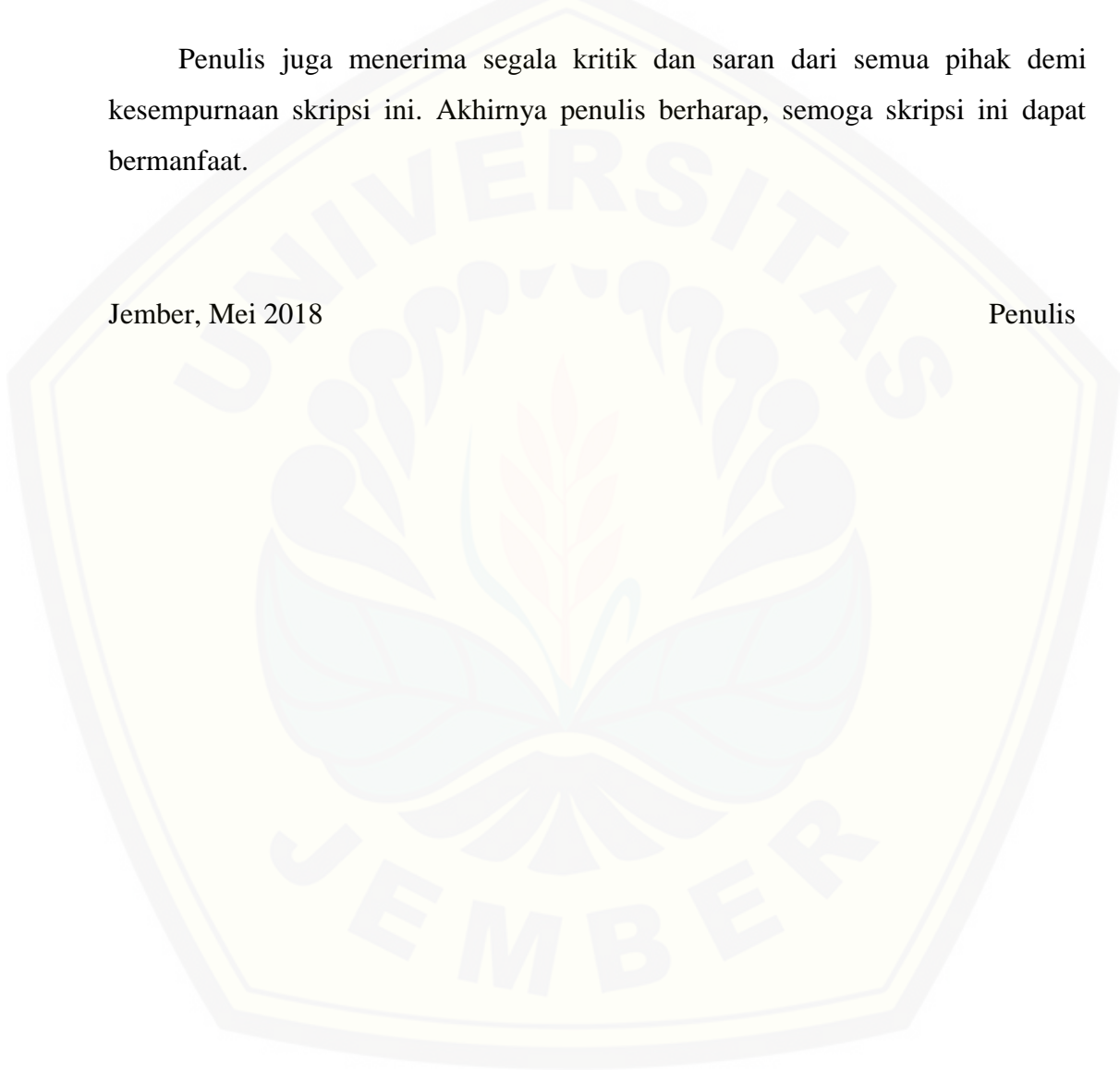
1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang telah memberikan fasilitas dan kemudahan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Jember yang telah meluangkan waktu demi kelancaran penyusunan skripsi ini;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember yang telah meluangkan waktu demi kelancaran penyusunan skripsi ini;
4. Dr. Sri Astuti, M.Si selaku Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini
5. Drs. Alex Harijanto, M.Si selaku Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini
6. Dr. Yushardi, S.Si., M. Si selaku Dosen Penguji utama sekaligus validator, dan Prof. Dr. I Ketut Mahardika, M.Si. selaku Dosen Penguji anggota sekaligus validator yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam pengujian skripsi ini;
7. Semua dosen FKIP Pendidikan Fisika, atas semua ilmu yang telah diberikan selama menjadi mahasiswa Pendidikan Fisika;

8. Teman-teman yang telah membantu penelitian; Maulana Ishaq, Ferdy Sugianto, Fatholla Fuad, M. Isa Fakhri, Moh. Wisolus Sholihin, Ahmad Fathoni, Moh. Iqbal Fathoni, dan Fina Puspitasari.
9. Keluarga besar Program Studi Pendidikan Fisika 2014 Universitas Jember yang telah memberikan do'a, semangat, motivasi dan kenangan terindah;

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

Jember, Mei 2018

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Penelitian	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Fluida	7
2.2 Aliran.....	10
2.3 Saluran	13
2.4 Pengukuran Debit.....	14
2.5 Asas Kontinuitas.....	19
2.6 Hukum Bernoulli.....	20
2.7 Modul.....	22
2.8 Rancangan Modul Fluida Dinamis Kontekstual.....	24
2.9 Validitas Modul	25
2.10 Kemampuan Berpikir Kritis	26
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Jenis Penelitian	28
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	28
3.3 Variabel Penelitian	28
3.4 Alur penelitian	29
3.5 Metode Pengumpulan Data	31
3.6 Teknik Analisis Data	33
3.7 Desain Rancangan Modul.....	36
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Hasil Data Penelitian.....	37
4.2 Analisis Data Penelitian	41

4.3	Pembahasan	45
BAB 5. PENUTUP		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN		54



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kriteria validitas bahan ajar	34
Tabel 3.2 Pengukuran kedalaman dan luas penampang	34
Tabel 3.3 Pengukuran debit pada luas penampang berbeda	34
Tabel 3.4 pengukuran ketinggian air terjun	35
Tabel 3.5 pengukuran kecepatan dan ketinggian air terjun	35
Tabel 4.1 Data hasil pengukuran debit dan luas pada penampang A1	38
Tabel 4.2 Data hasil pengukuran debit dan luas pada penampang A2	38
Tabel 4.3 Data hasil pengukuran debit dan luas pada penampang B1	38
Tabel 4.4 Data hasil pengukuran debit dan luas pada penampang B2	39
Tabel 4.5 Data hasil pengukuran debit dan luas pada penampang C1	39
Tabel 4.6 Data hasil pengukuran debit dan luas pada penampang C2	39
Tabel 4.7 Data hasil pengukuran ketinggian dan kecepatan pada dasar air terjun.....	40
Tabel 4.8 Data hasil pengukuran kecepatan pada ketinggian setengah h air terjun....	40
Tabel 4.9 Hasil analisis data validitas modul fluida dinamis.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aliran Seragam	12
Gambar 2.2 Laju Aliran Fluida	13
Gambar 2.3 Bentuk Saluran terbuka	13
Gambar 2.4 Geometri Penampang Persegi dan Trapesium	14
Gambar 2.5 Pengukuran Kecepatan Arus dengan Pelampung	15
Gambar 2.6 Pengukuran Kecepatan dengan <i>Velocity Head Rod</i>	16
Gambar 2.7 Arduino Uno	17
Gambar 2.8 Sensor <i>Waterflow G1/2</i>	18
Gambar 2.9 Ilustrasi Hukum Bernoulli.....	21
Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian.....	29
Gambar 3.2 Permodelan Pengukuran Kedalaman.....	32
Gambar 3.3 Desain Rancangan Modul.....	36

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. MATRIK PENELITIAN	54
LAMPIRAN B. PENGUKURAN LUAS PENAMPANG A	55
LAMPIRAN C. PENGUKURAN LUAS PENAMPANG B.....	58
LAMPIRAN D. PENGUKURAN LUAS PENAMPANG C	62
LAMPIRAN E. PENGUKURAN KETINGGIAN AIR TERJUN	66
LAMPIRAN F. PERHITUNGAN RALAT	70
LAMPIRAN G. INSTRUMEN VALIDASI AHLI	73
LAMPIRAN H. DOKUMENTASI PENELITIAN	79
LAMPIRAN I RANCANGAN MODUL FLUIDA DINAMIS.	83

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut UU nomor 20 tahun 2003, pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa, dan negara (Hasbullah, 2009:4).

Banyak permasalahan mutu dihadapi dalam dunia pendidikan, seperti permasalahan fasilitas pendidikan, media, sumber belajar, alat dan bahan latihan, serta materi yang cenderung sulit dipahami oleh siswa. Terjadi proses pendidikan yang bermutu jika didukung oleh faktor-faktor penunjang proses pendidikan yang bermutu pula. Pendidikan yang bermutu harus didukung oleh sarana dan prasarana pendidikan, fasilitas pendidikan, media, serta sumber belajar yang memadai (Sukmadinata, 2006:7-8). Salah satu upaya untuk mengembangkan mutu pendidikan ialah dengan mengembangkan bahan ajar yang berkualitas. Dalam sistem pendidikan persekolahan, materi telah diramu dalam kurikulum yang kemudian disajikan sebagai sarana pencapaian tujuan. Salah cara menyajikan materi yang efektif dan ideal ialah dengan membuat bahan ajar yang tepat sasaran guna tercapainya tujuan pendidikan itu sendiri (Tirtarahardja, 2005:56).

Bahan ajar dapat diartikan sebagai bahan-bahan atau materi pelajaran yang disusun secara lengkap dan sistematis berdasarkan prinsip pembelajaran yang digunakan guru dan siswa dalam proses pembelajaran. Bahan ajar yang dirasa mampu membantu peserta didik dan guru pada saat proses belajar ialah modul. Modul ialah bahan ajar cetak yang disusun oleh guru untuk membantu siswa belajar secara mandiri tanpa bimbingan guru karena modul telah disusun secara sistematis dan jelas. Kualitas modul dapat ditinjau dari beberapa aspek, diantaranya: 1) aspek kelayakan isi, 2) aspek kelayakan bahasa, 3) aspek kelayakan penyajian, 4) aspek kelayakan kegrafikan, (Fitri, 2013:20). Keuntungan yang didapat dari pembelajaran yang menggunakan modul adalah menumbuhkan

motivasi belajar peserta didik karena memudahkan dalam mendapatkan informasi pembelajaran (Parmin, 2012:9).

Menurut Rahmat *et al* (2014:108) fisika adalah cabang ilmu sains yang mempelajari tentang gejala-gejala, kejadian-kejadian alam serta hubungan dan interaksi dari benda-benda di alam. Fisika telah berkembang baik isi materi maupun kegunaan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) bahkan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu sangat penting dilaksanakan pembelajaran fisika yang bersifat kontekstual. Namun, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran fisika yang terlaksana masih belum memuat kontekstual. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan Jaya (2012: 3-5) yang menyatakan bahwa bahan ajar cetak konvensional hanya berisi definisi dari suatu konsep, sekumpulan rumus-rumus, contoh soal, dan latihan soal. Materi yang disajikan di dalam bahan ajar cetak tersebut banyak yang bersifat abstrak dan rumit sehingga siswa enggan untuk membacanya apalagi mempelajarinya. Materi ajar yang tersaji di dalam bahan ajar tersebut tidak pernah dikaitkan dengan objek-objek atau kejadian-kejadian aktual di dunia nyata yang akrab dengan peserta didik. Permasalahan-permasalahan yang disajikan di dalam bahan ajar tersebut juga bersifat akademis semata. Hal ini yang menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep pembelajaran fisika.

Salah satu materi fisika yang sulit ialah tentang fluida dinamis, karakteristik materi yang bersifat abstrak dan banyaknya rumus yang harus dihafal oleh siswa membuat materi fluida dinamis menjadi sulit dipahami oleh siswa. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Sabariasih *et al* (2015) menyatakan bahwa 100% siswa kelas XI MIA 4 SMA Negeri 6 Surakarta tidak mampu mencapai KKM pada materi Fluida Dinamis. Penelitian lain yang mendukung dilakukan oleh Susanti (2013: 227) yang menjelaskan miskonsepsi siswa secara individu dan secara kelompok menggunakan analisis CRI. 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 pemahaman siswa pada materi fluida dinamis adalah dengan mengembangkan modul fisika berbasis kontekstual, pengembangan bahan ajar berbasis kontekstual sebelumnya pernah dikembangkan oleh Widyasari *et al* (2015:131) yang menyatakan bahwa rata-rata nilai hasil belajar kognitif sebelum diberikan modul adalah 45,52; dengan nilai minimum yang diperoleh adalah 23; dan nilai maksimum yang diperoleh adalah 70. Sedangkan rata-rata sesudah diberikan modul pembelajaran adalah 70,31; dengan nilai maksimum yang diperoleh adalah 97; dan nilai minimum yang diperoleh adalah 40. Kemudian penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Zuhaini *et al* (2016:187) yang menyatakan bahwa modul fisika berbasis kontekstual meningkatkan pemahaman konsep fisika siswa pada indikator pemahaman konsep. Hal ini didasarkan dari hasil penelitiannya yaitu hasil presentase N-Gain pemahaman konsep siswa pada kelas eksperimen mengalami peningkatan dari sebelum pembelajaran rata-rata 54,84% dan setelah pembelajaran meningkat menjadi 81,80%. Berdasarkan dari hasil penelitian di atas membuktikan bahwa pembelajaran fisika berbasis kontekstual lebih efektif membentuk konsep-konsep fisika kepada siswa, sehingga dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Namun penelitian yang dilakukan peneliti tersebut hanya memuat fenomena-fenomena fisika berdasarkan kejadian sehari-hari tanpa meninjau data real di lapangan oleh karena itu perlu dilakukan pengambilan data real terhadap suatu fenomena kejadian disekitar kita agar dapat membelajarkan konsep fisika dengan data real di lapangan.

Salah satu fenomena alam yang dapat menerangkan tentang konsep-konsep fisika pada materi fluida dinamis ialah melalui peristiwa air terjun. Air terjun merupakan salah satu fenomena fisika yang memuat konsep dan aplikasi tentang fluida dinamis. Salah satu konsep terkait fluida dinamis pada fenomena air terjun dapat dilihat melalui perbedaan kecepatan aliran air dan besarnya debit air

Air terjun tujuh bidadari desa Rowosari, kecamatan Sumber Jambe, kabupaten Jember, Jawa Timur dapat dijadikan sebagai alternatif untuk menjelaskan tentang konsep fluida dinamis. Dengan lebar aliran sungai air terjun tujuh bidadari tidak selalu sama, akan tetapi bervariasi dari besar ke kecil maupun

dari kecil ke besar. Selain itu kedalaman aliran sungai air terjun tujuh bidadari juga bervariasi tidak selalu sama. Adanya perbedaan-perbedaan tersebut tentu akan berpengaruh terhadap besar kecilnya kecepatan aliran air. Melalui perbedaan lebar, kedalaman dan kecepatan akan dapat dijadikan sebagai bahan untuk menentukan besarnya debit aliran air terjun tujuh bidadari.

Menurut Triady *et al* (2015:27) pengukuran debit dapat dilakukan menggunakan *waterflow sensor* yang dihubungkan dengan papan arduino. Prinsip kerja dari *waterflow sensor* ini adalah ketika air yang mengalir masuk melalui rotor yg terdapat di *waterflow sensor*, maka rotor akan berputar sesuai dengan kecepatan aliran yang mengalir melalui rotor tersebut. Jadi, keterbaruan dari penelitian ini adalah dengan menggunakan *waterflow sensor* yang di hubungkan dengan arduino sehingga menghasilkan data penelitian yang lebih akurat dan kontekstual.

Menurut Sanjaya (2011:2) proses pendidikan kita tidak pernah diarahkan untuk membentuk manusia yang cerdas, memiliki kemampuan memecahkan masalah hidup, serta tidak diarahkan untuk membentuk manusia yang kreatif dan inovatif, karena pendidikan disekolah yang cenderung menggunakan bahan ajar yang harus di hafal. Tentu ini membuat siswa kurang memiliki motivasi untuk belajar dan semakin tidak bisa menggali potensi yang ada di dalam diri mereka, karena pembelajaran mereka bersifat kaku penuh dengan hafalan semata. Sedangkan menurut Astutik (2017:151-152) pembelajaran sains di Indonesia saat ini masih belum sesuai dengan harapan kurikulum 2013, hal itu membuat orang Indonesia belum bisa kreatif di masa depan.

Untuk menumbuhkan motivasi belajar siswa, dan membuat siswa memiliki kreatifitas dan inovatif, serta memiliki kemampuan untuk memecahkan masalah, salah satu cara adalah dengan mengembangkan bahan ajar berorientasi pada kemampuan berpikir kritis. Menurut Karim (2011:39) kemampuan berpikir kritis dapat dikembangkan melalui pembelajaran di sekolah yang menitik beratkan pada sistem, struktur, konsep, prinsip, serta kaitan yang ketat antara suatu unsur dan unsur lainnya.

Berdasarkan uraian masalah di atas, maka perlu dilakukan pengambilan data sebagai bahan untuk merancang sumber belajar pada pokok bahasan fluida dinamis. Adapun judul yang diangkat dalam penelitian ini adalah **“Kajian Dinamika Fluida pada Aliran Air Terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember sebagai Bahan untuk Menyusun Rancangan Modul Fluida dinamis dalam Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMA”**.

1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Bagaimana hubungan kecepatan aliran air terhadap luas penampang sungai air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember?
- b. Bagaimana hubungan kecepatan jatuhnya air terjun terhadap ketinggian air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember?
- c. Bagaimana rancangan modul fluida dinamis yang kontekstual untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa berdasarkan kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember?
- d. Bagaimana validitas rancangan modul fluida dinamis yang kontekstual untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa berdasarkan kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember?

1.3 Tujuan Penelitian

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

- a. Mengkaji hubungan kecepatan aliran air terhadap luas penampang sungai air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember.
- b. Mengkaji hubungan kecepatan jatuhnya air terjun terhadap ketinggian air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember

- c. Menyusun rancangan modul fluida dinamis yang kontekstual untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa berdasarkan kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember.
- d. Menghasilkan rancangan modul fluida dinamis kontekstual yang valid untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa berdasarkan kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember.

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 Jember khususnya materi dinamika fluida.
- c. 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. Keadaan ideal ruang tertutup pada penggunaan azas Bernoulli diabaikan.
- c. Kecepatan aliran air pada tiap titik kedalaman dianggap sama.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fluida

2.1.1 Definisi Fluida

Kebanyakan bahan bisa disebut entah sebagai zat padat, zat cair, atau gas, walaupun sebagian di antaranya mempunyai sifat-sifat yang memungkinkan diperolehnya sebutan ganda. Sebuah zat padat umumnya mempunyai bentuk yang tertentu, sedangkan zat cair dan gas mempunyai bentuk yang ditetapkan oleh wadahnya masing-masing. Perbedaan pokok antara zat cair dan gas (keduanya digolongkan sebagai fluida) adalah bahwa gas akan menyebar dan mengisi seluruh wadah yang ditempatinya. Definisi yang lebih tepat untuk membedakan zat padat dengan fluida adalah dari karakteristik deformasi bahan-bahan tersebut. Zat padat dianggap sebagai bahan yang menunjukkan reaksi deformasi yang terbatas ketika menerima atau mengalami suatu gaya geser (*shear*). Fluida bisa didefinisikan sebagai suatu zat yang terus menerus berubah bentuk apabila mengalami tegangan geser; fluida tidak mampu menahan tegangan geser tanpa berubah bentuk. Kendatipun demikian, ada bahan-bahan seperti jeli, cat, ter, dan larutan polimer yang menunjukkan karakteristik entah zat padat atau fluida tergantung dari tegangan geser yang dialami (Olson, 1993:3).

2.1.2 Fluida Dinamis

Fluida dinamis adalah fluida yang bergerak. 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 (Abdullah, 2016:771).

2.1.3 Sifat-sifat Fluida

Semua fluida sejati mempunyai atau menunjukkan sifat-sifat atau karakteristik-karakteristik yang penting dalam dunia rekayasa. Kerapatan, kompresibilitas, kapilaritas, dan tekanan uap adalah sifat-sifat yang diminati untuk fluida-fluida yang dalam keadaan diam; namun untuk fluida-fluida sejati yang bergerak masih ada sebuah sifat lagi yang penting yaitu viskositas.

a. Kerapatan, Volume Jenis, dan Gravitasi Jenis

Kerapatan (*density*) ρ suatu zat adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut dan dinyatakan dalam massa per satuan volume; sifat ini ditentukan dengan cara menghitung nisbah (*ratio*) massa yang terkandung dalam suatu bagian tertentu terhadap volume bagian tersebut. Bagian ini tidak boleh terlalu kecil tetapi juga tidak boleh terlalu besar sehingga kerapatan subbagian-subbagian didalamnya tidak terlalu bervariasi. Di sekitar moncong rudal berkecepatan tinggi, misalnya, konsentrasi zat disuatu bagian yang terpisah kurang dari 1 cm dengan bagian sebelahnya mungkin berbeda sampai sepuluh kali lipat. Oleh sebab itulah bagian atau daerah yang kerapatannya hendak diukur tidak boleh terlalu besar. Namun kalau terlalu kecil, jumlah molekul didaerah sama dalam waktu yang berbeda mungkin tidak sama.

Kerapatan air pada temperatur kamar adalah sekitar 1.94 slug/ft^3 , atau 1000 kg/m^3 . Kerapatan udara baku (ditetapkan pada tekanan mutlak 2116 lbf/ft^2 dan $T = 59^\circ\text{F}$) adalah $0,002378 \text{ slug/ft}^3$. Dalam sistem SI ($\rho = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ dan $T = 15^\circ\text{C}$) kerapatan udara baku adalah 1.225 kg/m^3 .

Temperatur dan tekanan pengaruhnya kecil terhadap kerapatan zat cair, namun sangat berarti terhadap kerapatan gas.

Volume jenis v adalah volume yang ditempati oleh sebuah satuan massa zat karena itu merupakan kebalikan dari kerapatan :

$$v = \frac{1}{\rho} \quad (2.1)$$

Berat Jenis γ adalah gaya gravitasi terhadap massa yang terkandung dalam sebuah satuan volume zat. Jadi

$$\gamma = \rho g \quad (2.2)$$

Gravitasi jenis s adalah sifat yang digunakan untuk memperbandingkan kerapatan suatu zat dengan kerapatan air. Karena kerapatan semua zat cair bergantung pada temperatur serta tekanan, maka temperatur zat cair yang dipertanyakan, serta temperatur air yang dijadikan acuan, harus dinyatakan untuk mendapatkan harga-harga gravitasi jenis yang tepat :

$$s = \frac{\rho}{\rho_w} \quad (2.3)$$

b. Viskositas

Di antara semua sifat-sifat fluida, viskositas memerlukan perhatian yang terbesar dalam telaahan tentang aliran fluida. Sifat serta ciri viskositas dibahas dalam pasal ini; juga dimensi dan faktor konversi bagi viskositas mutlak maupun viskositas kinematik. Viskositas adalah sifat fluida yang mendasari diberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut. Hukum viskositas Newton pada persamaan $F = \frac{m}{g_0} a$ menyatakan bahwa laju perubahan bentuk sudut fluida yang tertentu maka tegangan geser berbanding lurus dengan viskositas. Gula tetes dan ter merupakan contoh cairan yang sangat viskos; air dan udara mempunyai viskositas yang sangat kecil.

Viskositas gas meningkat dengan suhu, tetapi viskositas cairan berkurang dengan naiknya suhu. Perbedaan dalam kecenderungan terhadap suhu tersebut dapat diterangkan dengan menyimak penyebab-penyebab viskositas. Tahanan suatu fluida terhadap tegangan geser tergantung pada kohesinya dan pada laju perpindahan momentum molekulnya. Cairan, dengan molekul-molekul yang jauh lebih rapat daripada gas, mempunyai gaya-gaya kohesi yang jauh lebih besar daripada gas. Kohesi nampaknya merupakan penyebab utama viskositas dalam cairan; dan karena kohesi berkurang dengan naiknya suhu, maka demikian pulalah viskositas. Sebaliknya, gas mempunyai gaya-gaya kohesi yang sangat kecil. Sebagian besar dari tahanannya terhadap tegangan geser merupakan akibat perpindahan momentum molekular (Streeter, 1985:8).

2.2 Aliran

Aliran air didalam suatu saluran dapat berupa aliran saluran terbuka (*open channel flow*) maupun aliran pipa (*pipe-flow*). Kedua jenis aliran tersebut sama dalam banyak hal, namun berbeda dalam satu hal yang penting. Aliran saluran terbuka harus memiliki permukaan bebas (*free surface*), sedangkan aliran pipa tidak demikian, karena air harus mengisi seluruh saluran. Permuakaan bebas dipengaruhi oleh tekanan udara. Aliran pipa, yang terkurung dalam saluran tertutup, tidak terpengaruh langsung oleh tekanan udara, kecuali oleh tekanan hidrolis (Chow, 1984:3).

2.2.1 Jenis Aliran

Aliran saluran terbuka dapat digolongkan menjadi berbagai jenis dan diuraikan dengan berbagai cara. Penggolongan berikut ini dibuat berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan waktu dan ruang.

- a. Aliran Tunak (*Steady Flow*) dan Aliran Taktunak (*Unsteady Flow*) : waktu sebagai kriteria.

Aliran dalam saluran terbuka dikatakan tunak (*steady*) bila kedalaman aliran tidak berubah atau dapat dianggap konstan selama suatu selang waktu tertentu. Aliran dikatakan taktunak (*unsteady*) bila kedalamannya berubah sesuai dengan waktu. Sebagian besar persoalan tentang saluran terbuka umumnya hanya memerlukan penelitian mengenai perilaku aliran dalam keadaan tunak. Namun bila perubahan keadaan aliran sesuai dengan waktu ini, merupakan masalah utama yang harus diperhatikan, maka aliran harus dianggap bersifat taktunak. Misalnya, banjir dan gelombang yang merupakan contoh khas aliran tak tunak, taraf aliran berubah segera setelah gelombang berlaku, dan unsur waktu menjadi hal yang sangat penting dalam perancangan bangunan pengendali.

Debit Q pada suatu penampang saluran untuk sembarang aliran dinyatakan dengan

$$Q = v A \quad (2.4)$$

dimana V merupakan kecepatan rata-rata dan A adalah luas penampang melintang tegak lurus terhadap arah aliran, karena kecepatan rata-rata dinyatakan sebagai debit dibagi luas penampang melintang.

Dalam sebagian besar persoalan aliran tunak, berdasarkan suatu pertimbangan, maka debit dianggap tetap di sepanjang bagian saluran yang lurus; dengan kata lain aliran bersifat *kontinu*. Oleh sebab itu, berdasarkan persamaan (2.4)

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

di mana indeks menunjukkan penampang saluran yang berlainan. Ini merupakan *persamaan kontinuitas* untuk aliran kontinu (*continuous steady flow*).

Namun persamaan (2.5) tidak dapat dipakai bila debit aliran tunak, *tak seragam* (*nonuniform*) di sepanjang saluran, yakni bila air mengalir keluar atau masuk disepanjang arah aliran. Jenis aliran ini dikenal sebagai *aliran berubah beraturan* (*spatially varied flow*) atau, *aliran diskontinu* (*discontinuous flow*) terdapat diselokan jalan, pelimpah luapan samping, air pembilas melalui saringan, cabang saluran di sekitar tangki pengolah air buangan, saluran pembuangan utama dan saluran pembawa dalam sistem irigasi.

- b. *Aliran Seragam (Uniform Flow)* dan *Aliran Berubah (Varied Flow)*: Ruang sebagai Kriteria.

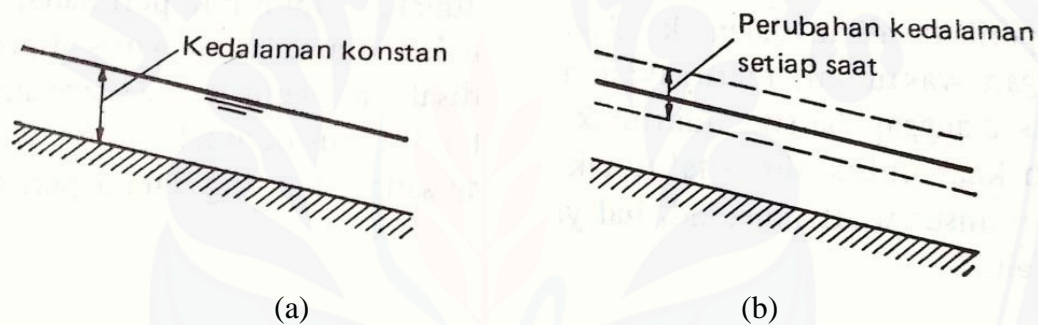
Aliran saluran terbuka dikatakan seragam bila kedalaman aliran sama pada setiap penampang saluran. Suatu aliran seragam dapat bersifat tunak atau tidak tunak, tergantung apakah kedalamannya berubah sesuai dengan perubahan waktu.

- c. *Aliran seragam yang tunak (Steady Uniform Flow)*

Kedalaman aliran tidak berubah selama suatu waktu tertentu yang telah diperhitungkan. Penetapan bahwa suatu aliran bersifat seragam yang tunak (*unsteady uniform flow*) harus dengan syarat bahwa permukaan air harus berfluktuasi sepanjang waktu dan tetap sejajar dasar saluran. Jelas bahwa hal ini merupakan suatu keadaan yang praktis tidak mungkin terjadi. Sebab itu istilah “aliran seragam” di sini selanjutnya hanya dipakai untuk menyatakan aliran seragam yang tunak.

Aliran disebut berubah (*varied*), bila kedalaman aliran berubah disepanjang saluran. Aliran berubah dapat bersifat tunak maupun tak tunak. Karena aliran seragam yang tak tunak jarang terjadi, istilah “aliran tak tunak di sini selanjutnya khusus di pakai untuk aliran taktunak yang berubah.

Aliran berubah dapat dibagi-bagi lagi menjadi *berubah tiba-tiba* (*rapidly varied*) dan *berubah lambat laun* (*gradually varied*). Aliran disebut berubah tiba-tiba bila kedalamannya mendadak berubah pada jarak yang cukup pendek; sebaliknya, disebut berubah lambat-laun. Aliran berubah tiba-tiba disebut sebagai *gejala setempat* (*local phenomenon*), contohnya adalah loncatan hidrolik dan penurunan hidrolik.

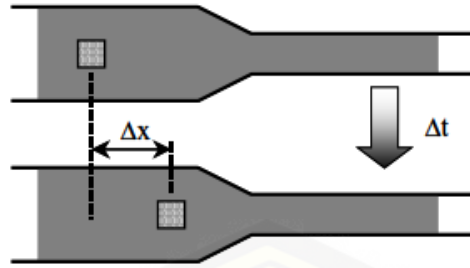


Gambar 2.1 (a) Aliran seragam – aliran dalam suatu saluran di laboratorium (b) Aliran seragam taktunak – jarang terjadi.

(Chow, 1984:4-6)

2.2.2 Laju Aliran Fluida

Salah satu besaran yang penting dalam mempelajari fluida bergerak adalah laju aliran fluida. Laju aliran mengukur jarak yang ditempuh satu elemen dalam fluida per satuan waktu. Sebuah elemen fluida yang berpindah sejauh Δx dalam selang waktu Δt mempunyai persamaan laju aliran fluida $\mathbf{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



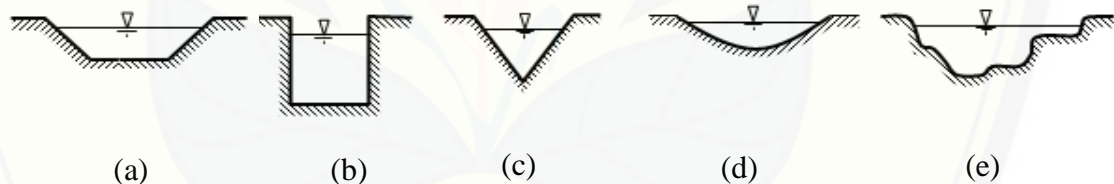
Gambar 2.2 Selama selang waktu Δt , elemen dalam fluida berpindah sejauh Δx

(Abdullah, 2007: 262-262)

2.3 Saluran

2.3.1 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 2.3 berikut:



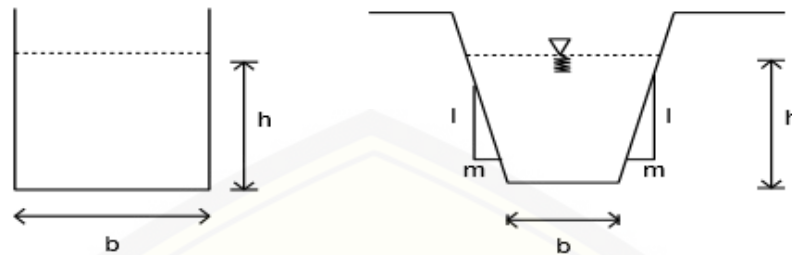
Gambar 2.3 Berbagai macam bentuk saluran terbuka (a) Trapesium, (b) Persegi, (c) Segitiga, (d) Setengah lingkaran, (e) Tak beraturan

(Harseno, 2007: 5)

2.3.2 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 prismatic, 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 2.4.



Gambar 2.4 Geometri penampang persegi dan trapesium

$$\text{Luas (A)} = \mathbf{b \times h}$$

$$\text{keliling basah } \mathbf{P = b + 2h}$$

$$\text{Jari-jari hidraulik } \mathbf{R = \frac{b \times h}{b + 2h}}$$

dengan \mathbf{b} = lebar dasar saluran dan \mathbf{h} = kedalaman air

(Harseno, 2007: 5)

2.4 Pengukuran Debit

2.4.1 Pengukuran Debit Secara Langsung

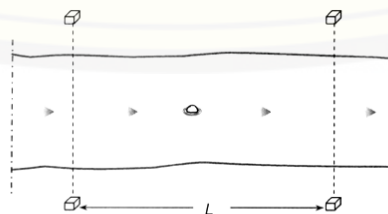
Besarnya aliran tiap waktu atau disebut dengan debit, akan tergantung pada luas tampang aliran dan kecepatan aliran merata. Pendekatan nilai debit dapat dilakukan dengan cara mengukur tampang aliran dan mengukur kecepatan aliran tersebut. Cara ini merupakan prosedur umum dalam pengukuran debit sungai 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. Beberapa cara pengukuran kecepatan arus aliran sungai yang banyak digunakan adalah sebagai berikut ini (Rachmad, 2004: 78).

a. 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.

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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 .
- 4) Kecepatan arus dapat dihitung dengan L/T (m/det).



Gambar 2.5 Pengukuran kecepatan arus dengan pelampung

(Harto, 1993: 204-206)

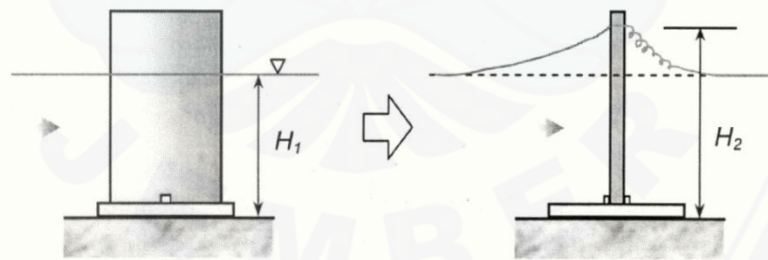
Perlu mendapat perhatian bahwa cara ini akan mendapatkan kecepatan arus pada permukaan, sehingga untuk memperoleh kecepatan rerata pada penampang sungai hasil hitungan perlu dikoreksi dengan koefisien antara 0,85-0,95. Pengukuran dengan cara ini harus dilakukan beberapa kali mengingat distribusi aliran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

b. 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 2.6).

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

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



Gambar 2.6 Pengukuran kecepatan arus dengan *Velocity Head Rod*

(Harto, 1993: 206)

c. Pengukuran kecepatan arus dengan *Sensor Flow Water*

1) Arduino Uno

Arduino adalah *platform prototype* dari *physical computing* yang bersifat open source hardware yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino tidak hanya sekedar sebuah

alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memori mikrokontroler Arduino.

Arduino UNO adalah sebuah papan mikrokontroler yang didasarkan pada Atmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input-output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator kristal 16MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header dan sebuah tombol reset.



Gambar 2.7. Arduino UNO

Board Arduino UNO dapat beroperasi pada sebuah suplai eksternal 6V sampai 20V. Jika suplai tegangan $< 6V$, dapat mengakibatkan board Arduino UNO menjadi tidak stabil. Jika menggunakan suplai yang lebih besar dari 12V, voltase regulator bisa kelebihan panas dan membahayakan board Arduino UNO. Rentang tegangan yang direkomendasikan adalah 7V hingga 12V.

Pin digital pada Arduino UNO yang berjumlah 14 buah dapat digunakan sebagai input dan juga sebagai output dengan menggunakan fungsi `pinMode`, `digitalWrite` dan `digitalRead`. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5V. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40mA dan mempunyai sebuah resistor pullup (terputus secara default) sekitar 20 hingga 50k Ω .

Arduino UNO dapat dihubungkan dengan sebuah komputer, Arduino lainnya atau mikrokontroler lainnya. Atmega328 menyediakan komunikasi serial

UART TTL (5V), yang tersedia pada pin digital D0 (RX) dan pin digital D1 (TX). Sebuah Atmega 16U2 pada channel board serial komunikasinya melalui USB dan muncul sebagai sebuah port virtual ke software pada komputer. Firmware 16U2 menggunakan driver USB COM standar dan tidak ada driver eksternal yang dibutuhkan.

2) *Waterflow Sensor*

Sensor *Waterflow* terdiri dari bodi katup plastik, rotor air dan sensor *hall effect*. Ketika air mengalir melalui rotor, maka rotor akan berputar sesuai dengan kecepatan aliran air yang mengalir melalui rotor tersebut. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan memanfaatkan sensor *hall effect*. *Hall effect* ini didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak. Ketika ada arus listrik yang mengalir pada *hall effect* yang ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus terhadap arus listrik, pergerakan pembawa muatan akan berbelok ke salah satu sisi dan menghasilkan medan listrik. Medan listrik terus membesar hingga gaya *Lorentz* yang bekerja pada partikel menjadi nol. Perbedaan potensial antara kedua sisi *device* tersebut disebut potensial *Hall*. Potensial *Hall* ini sebanding dengan medan magnet dan arus listrik yang melalui *device*. Fisik dan dimensi dari mekanik sensor *waterflow* G1/2 dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Sensor *Waterflow* G1/2

(Sutono, 2016:38-39)

2.4.2 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:

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

(Harto, 1993: 214)

2.5 Asas Kontinuitas

Penghasilan aliran atau dengan sebutan debit adalah sejumlah zat cair yang mengalir pada tiap satuan waktu sepanjang bagian dari alirannya, bisa dinyatakan dalam volume unit, berat atau massa unit. Jika pada pipa yang dialiri fluida tidak bocor sehingga tidak ada fluida yang meninggalkan pipa atau fluida dari luar yang masuk ke dalam pipa maka berlaku hukum kekekalan massa. Jumlah massa fluida yang mengalir per satuan waktu pada berbagai penampang pipa selalu sama.

Dalam satuan volume :

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

dimana $d\mathbf{A}$ adalah differensial dari luasan penampang (m^2) dan \mathbf{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.

$$Q = \int \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} \quad (2.8)$$

kecepatan rata-rata dari suatu penampang

$$\mathbf{v}_m = \frac{Q}{A} \text{ atau } Q = \mathbf{A}_m \cdot \mathbf{s} \quad (2.9)$$

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

$$dQ = \mathbf{v}_1 \cdot d\mathbf{A}_1 = \mathbf{v}_2 \cdot d\mathbf{A}_2 = \mathbf{v}_n \cdot d\mathbf{A}_n = Constant \quad (2.10)$$

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

$$Q = \mathbf{v}_{m1} \cdot \mathbf{A}_1 = \mathbf{v}_{m1} \cdot \mathbf{A}_2 = Constant \quad (2.11)$$

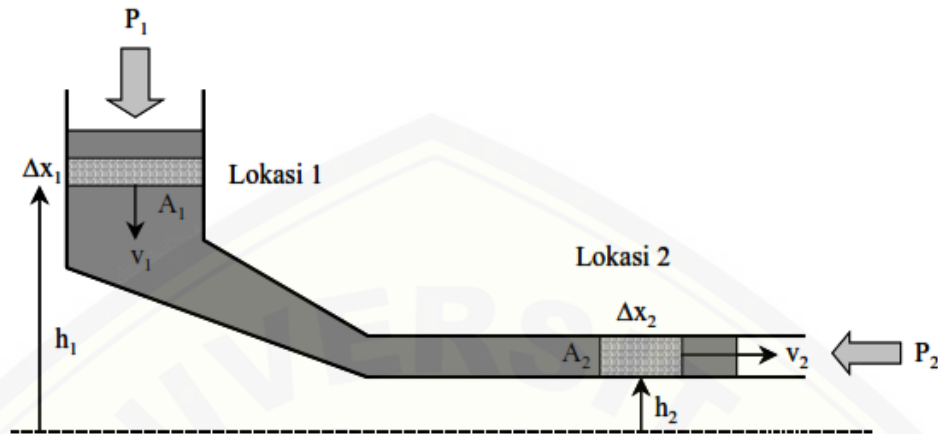
(Suharto, 1991: 55-56)

2.6 Hukum Bernoulli

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

Persamaan bernoulli memiliki hubungan antara tekanan, kecepatan fluida, dan elevasi dalam sistem aliran. Secara umum hukum Bernoulli menyatakan bahwa tekanan suatu fluida di tempat yang kecepatannya tinggi lebih kecil dibandingkan dengan fluida yang kecepatannya rendah. Jadi semakin besar keceptan fluida dalam suatu pipa maka tekanan yang dihasilkan akan semakin kecil, dan sebaliknya semakin kecil kecepatan fluida dalam suatu fluida maka

tekanan yang dihasilkan akan semakin besar. Sebagaimana lazimnya, untuk menurunkan hukum Bernoulli dapat dilihat pada melalui ilustrasi Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Ilustrasi untuk menurunkan hukum Bernoulli

Elemen fluida pada lokasi 1

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

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

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

Elemen fluida pada lokasi 2

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

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

$$EM_2 = K_2 + U_2 = \frac{1}{2} \rho \Delta V v_2^2 + \rho \Delta V g \cdot h_2$$

Elemen pada lokasi 1 dikenai gaya non konservatif $\mathbf{F}_1 = P_1 \mathbf{A}_1$ dan berpindah sejauh Δx_1 searah gaya. Dengan demikian, usaha yang dilakukan gaya tersebut adalah

$$W_1 = \mathbf{F}_1 \cdot \Delta \mathbf{x}_1 = P_1 \mathbf{A}_1 \cdot \Delta \mathbf{x}_1 = P_1 \Delta V$$

Elemen pada lokasi 2 dikenai gaya non konservatif $\mathbf{F}_2 = P_2 \mathbf{A}_2$ dan berpindah sejauh Δx_2 dalam arah berlawanan gaya. Dengan demikian, usaha yang dilakukan gaya tersebut adalah

$$W_2 = -\mathbf{F}_2 \cdot \Delta \mathbf{x}_2 = P_2 \mathbf{A}_2 \cdot \Delta \mathbf{x}_2 = P_2 \Delta V$$

Kerja non konservatif total yang bekerja pada elemen fluida adalah

$$W = W_1 + W_2 = P_1 \Delta V - P_2 \Delta V = (P_1 - P_2) \Delta V \quad (2.12)$$

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

$$\Delta EM = EM_2 - EM_1$$

$$\Delta EM = \left(\frac{1}{2} \rho \Delta V \mathbf{v}_2^2 + \rho \Delta V \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}_2 \right) - \left(\frac{1}{2} \rho \Delta V \mathbf{v}_1^2 + \rho \Delta V \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}_1 \right) \quad (2.13)$$

Berdasarkan prinsip usaha energi, usaha oleh gaya non konservatif sama dengan perubahan energi mekanik benda. Dengan menggunakan persamaan (2.12) dan (2.13) didapatkan

$$W = \Delta EM$$

$$(P_1 - P_2) \Delta V = \left(\frac{1}{2} \rho \Delta V \mathbf{v}_2^2 + \rho \Delta V \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}_2 \right) - \left(\frac{1}{2} \rho \Delta V \mathbf{v}_1^2 + \rho \Delta V \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}_1 \right) \quad (2.14)$$

Hilangkan ΔV pada kedua ruas persamaan (2.13) sehingga diperoleh

$$(P_1 - P_2) = \left(\frac{1}{2} \rho \mathbf{v}_2^2 + \rho \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}_2 \right) - \left(\frac{1}{2} \rho \mathbf{v}_1^2 + \rho \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}_1 \right)$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho \mathbf{v}_2^2 + \rho \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}_2 - \frac{1}{2} \rho \mathbf{v}_1^2 - \rho \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}_1$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho \mathbf{v}_1^2 + \rho \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho \mathbf{v}_2^2 + \rho \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}_2 \quad (2.15)$$

Persamaan dikenal dengan **Hukum Bernoulli**.

(Abdullah, 2007: 266-268)

2.7 Modul

Modul pada dasarnya adalah sebuah bahan ajar yang disusun secara sistematis dengan bahasa yang mudah dipahami oleh peserta didik sesuai tingkat pengetahuan dan usia mereka, agar mereka dapat belajar mandiri dengan bantuan atau bimbingan yang minimal dari pendidik. Menurut Surahman (dalam Prastowo 2014:105). Modul adalah satuan program pembelajaran terkecil yang dapat dipelajari oleh peserta didik secara perseorangan (*self Instructional*); setelah peserta menyelesaikan satu satuan dalam modul, selanjutnya peserta dapat melangkah maju dan mempelajari satuan modul berikutnya. Sementara dalam pandangan lain, modul dimaknai sebagai seperangkat bahan ajar yang disajikan secara sistematis, sehingga penggunaanya dapat belajar dengan atau tanpa seorang fasilitator. Oleh karena itu, sebuah modul diharapkan mampu dijadikan sebagai

pengganti fungsi pendidik yang mampu menjelaskan sesuatu dengan bahasa yang mudah diterima peserta didik dan sesuai tingkat pengetahuan serta usianya.

Berdasarkan pedoman penulisan modul yang dikeluarkan oleh Departemen Pendidikan Nasional tahun 2008 (dalam Asyhar, 2012:135), bahan ajar memiliki 5 karakteristik, yaitu *self instructional*, *self contained*, *stand alone*, *adaptive* dan *user friendly*.

1. *Self Instructional*, yaitu mampu membelajarkan peserta didik secara mandiri. Melalui modu tersebut, seseorang atau peserta belajar mampu membelajarkan diri sendiri tanpa tergantung pada pihak lain.
2. *Self Contained*, yaitu seluruh materi pembelajaran dari unit-unit kompetensi harus bearada dalam satu modul secara utuh, sehingga pembelajar mendapatkan kesempatan mempelajari materi pembelajaran secara tuntas.
3. *Stand Alone*, yaitu modul yang dikembangkan tidak bergantung pada media lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan media pembelajaran lain. Dengan menggunakan modul, pembelajar tidak tergantung dan harus menggunakan media yang lain untuk mempelajari dan atau mengerjakan tugas pada modul tersebut. Jika masih menggunakan dan bergantung pada media lain selain modul yang digunakan, maka media tersebut tidak dikategorikan sebagai media yang berdiri sendiri.
4. *Adaptive*, yaitu modul hendaknya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi. Dengan memperhatikan percepatan ilmu pengetahuan dan teknologi pengembangan modul hendaknya tetap “*up to date*”. Modul yang adaptif adalah jika isi materi pembelajaran dapat digunakan hingga kurun waktu tertentu.
5. *User Friendly*, yaitu modul yang dikembangkan bersahabat dengan pemakainya. Maksud dari pernyataan ini adalah setiap instruksi dan informasi yang ditampilkan bersifat membantu dan mempermudah pembelajar dalam merespon, mengakses sesuai dengan keinginan. Penggunaan bahasa yang sederhana, mudah dimengerti, menggunakan istilah yang umum digunakan, serta penampilan gambar dan format penyajian yang disesuaikan dengan selera pembelajar merupakan salah satu bentuk *user friendly*.

Menurut Surahman (dalam prastowo, 2014), modul dapat disusun dalam struktur sebagai berikut:

a. Judul modul

Bagian ini berisi tentang nama modul dari suatu mata kuliah tertentu.

b. Petunjuk umum

Bagian ini memuat penjelasan tentang langkah-langkah yang akan ditempuh, meliputi:

- 1) Kompetensi dasar,
- 2) Pokok bahasan,
- 3) Indikator pencapaian,
- 4) Referensi,
- 5) Strategi pembelajaran,
- 6) Lembar kegiatan pembelajaran
- 7) Petunjuk bagi siswa untuk memahami langkah-langkah dan materi,
- 8) Evaluasi,

c. Materi modul

Bagian ini berisi penjelasan secara rinci tentang materi pada setiap pertemuan.

d. Evaluasi

Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur kompetensi siswa sesuai materi yang diberikan.

2.8 Rancangan Modul 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 bahan ajar berupa modul. 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 sesuai dengan hakikat fisika yang merupakan suatu cabang ilmu pengetahuan sains yang mempelajari sesuatu yang konkret dan dapat dibuktikan secara matematis dengan menggunakan rumus-rumus persamaan yang didukung adanya penelitian yang terus dikembangkan oleh para fisikawan (Zusnani, 2012:4)

Rancangan modul fluida dinamis ini disusun berdasarkan data hasil kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tujuh Bidadari desa Rowosari, kecamatan Sumber Jambe, kabupaten Jember. Rancangan modul fluida dinamis dengan pendekatan kontekstual adalah lembaran-lembaran yang berisi petunjuk belajar atau langkah-langkah kegiatan belajar bagi siswa untuk menemukan atau memperoleh pengetahuan dari materi yang sedang dipelajari menggunakan konsep pembelajaran yang menekankan pada keterkaitan antara materi pembelajaran dengan dunia kehidupan siswa secara nyata, sehingga para siswa mampu menghubungkan dan menerapkan kompetensi hasil belajar dalam kehidupan sehari-hari. Melalui proses penerapan kompetensi hasil belajar dalam kehidupan sehari-hari, siswa akan merasakan pentingnya belajar, dan mereka memperoleh makna yang mendalam terhadap apa yang dipelajarinya. Rancangan modul dengan pendekatan kontekstual memungkinkan proses belajar yang tenang dan menyenangkan, karena pembelajaran yang dilakukan secara alamiah, sehingga siswa dapat mempraktekkan secara langsung apa yang dipelajarinya.

2.9 Validitas Modul

Validasi buku ajar adalah upaya menghasilkan buku dengan validitas tinggi, dilakukan melalui uji validasi. Menurut Akbar (2013:37-38) uji validasi dapat dilakukan oleh:

a. Validasi ahli

Validasi ahli dilakukan dengan cara seseorang atau beberapa ahli pembelajaran menilai buku ajar menggunakan instrumen validasi, ia memberi masukan perbaikan buku ajar yang akan dikembangkan.

2.10 Kemampuan Berpikir Kritis

Kemampuan berpikir kritis merupakan komponen penting yang harus dimiliki siswa. Hal ini dimaksudkan supaya siswa mampu membuat atau merumuskan, mengidentifikasi, menafsirkan, dan merencanakan pemecahan masalah. Menurut Splitter (1991:103) menyatakan bahwa siswa yang berpikir kritis adalah siswa yang mampu mengidentifikasi masalah, mengevaluasi dan mengkonstruksi argumen serta mampu memecahkan masalah tersebut dengan tepat. Pendapat yang serupa juga diungkapkan oleh Facione (1992) yang menyatakan bahwa berpikir kritis yang meliputi kemampuan menganalisis, menarik kesimpulan, melakukan interpretasi, penjelasan, pengaturan diri, ingin tahu, sistematis, bijaksana mencari kebenaran, dan percaya diri terhadap proses berpikir yang dilakukan sangat dibutuhkan seseorang dalam usaha memecahkan masalah.

Proses atau jalannya berpikir itu pada pokoknya ada tiga langkah, antara lain (a) pembentukan pengertian yaitu menganalisis ciri-ciri dari sejumlah objek yang sejenis, contohnya kita ambil manusia dari berbagai bangsa lalu kita analisis ciri-cirinya. Salah satu contohnya adalah menganalisis manusia dari Eropa, Indonesia, dan Cina. Tahap selanjutnya yaitu membandingkan ciri-ciri tersebut untuk diketemukan ciri-ciri mana yang sama dan yang tidak sama. Langkah berikutnya, mengabstraksikan yaitu menyisihkan, membuang ciri-ciri yang tidak hakiki dan menangkap ciri-ciri yang hakiki. (b) pembentukan pendapat yaitu meletakkan hubungan antara dua buah pengertian atau lebih. Pendapat yang dinyatakan dalam bentuk kalimat, yang terdiri dari subyek dan predikat. Misalnya rumah itu baru, rumah adalah subyek, dan baru adalah predikat. Pendapat itu sendiri dibedakan tiga macam yaitu pendapat positif, negatif, dan kebarangkalian. (c) pembentukan keputusan atau penarikan kesimpulan yaitu hasil perbuatan akal untuk membentuk pendapat baru berdasarkan pendapat-pendapat yang telah ada. Ada tiga macam keputusan, yaitu keputusan induktif, keputusan deduktif, dan keputusan analogis. Misalkan contoh dari keputusan deduktif ditarik dari hal yang umum ke hal yang khusus, semua logam kalau dipanaskan memuai, tembaga adalah logam. Jadi, tembaga kalau dipanaskan memuai (Dewi, 2015:939).

Soal berpikir kritis dalam penelitian ini mengacu pada kajian dinamika fluida dalam kehidupan sehari-hari. Soal ini dibuat untuk menumbuhkan sifat kreatif dan inovatif bagi siswa, sehingga mereka mampu menyelesaikan masalah yang ada dalam kehidupan sehari-hari.



BAB 3. METEDOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Berdasarkan teori atau konsep yang bersifat umum diaplikasikan untuk menjelaskan tentang seperangkat data. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kematerian dinamika fluida pada aliran air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember sebagai bahan untuk merancang modul pada pembelajaran fisika di SMA.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Metode yang digunakan untuk menentukan lokasi penelitian adalah metode *purposive sampling area*. Adapun lokasi yang dijadikan sebagai tempat penelitian adalah area aliran air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember. Pemilihan lokasi penelitian tersebut berdasarkan atas pertimbangan sebagai berikut :

- a. Arus air yang cukup deras mempermudah kejelasan nilai kecepatan air yang diukur
- b. Lokasi tersebut mudah dijangkau sehingga mempermudah dalam penelitian.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2018, setelah proposal ini diuji dan disetujui oleh penguji dan pembimbing.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel beserta definisi operasionalnya dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.3.1 Variabel Penelitian

- a. variabel bebas dalam penelitian ini adalah kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember
- b. variabel terikat dalam penelitian ini adalah rancangan modul fisika untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa di SMA.

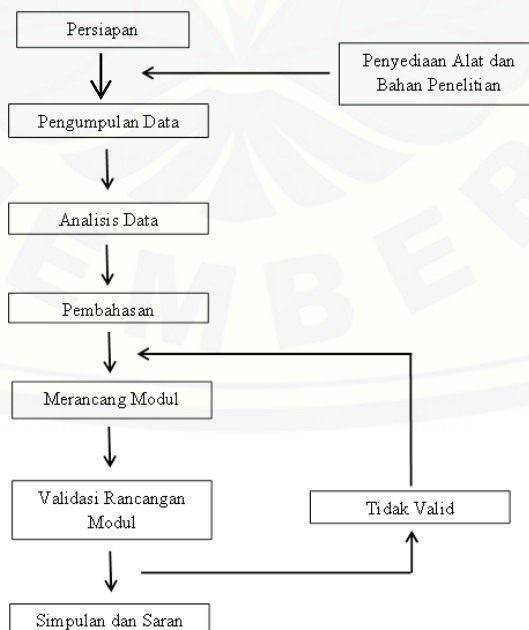
3.3.2 Definisi Operasional Variabel

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

- a. Debit air adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang per satuan waktu, dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan SI meter kubik per detik (m^3/dt). Pengukuran debit pada aliran air terjun dapat dilakukan juga menggunakan rumus $Q = v \cdot A$, dimana v adalah kecepatan aliran air dan A adalah luas penampang aliran.
- b. Rancangan modul fluida untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis adalah modul yang berisi materi tentang laju aliran, debit, asas kontinuitas, dan hukum bernoulli. Modul ini dirancang berdasarkan data-data hasil kajian di aliran air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember dan disertai soal berpikir kritis dan hanya dilakukan validasi ahli saja.

3.4 Alur Penelitian

Penelitian ini memiliki alur sebagai berikut:



Gambar 3.1 Bagan alur penelitian

a. Persiapan

Hal pertama yang dilakukan oleh peneliti yaitu memilih tema atau topik penelitian, kemudian peneliti melakukan identifikasi masalah, merumuskan masalah berdasarkan masalah-masalah yang akan diteliti, kemudian mengadakan studi pendahuluan untuk mengumpulkan informasi berkaitan dengan masalah yang akan diteliti, kemudian terakhir menyusun rencana penelitian dan menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk melakukan penelitian.

b. Pengumpulan Data

pada tahap ini peneliti mengumpulkan data dan mencatat semua data secara obyektif dan apa adanya sesuai dengan hasil observasi dan dokumentasi di lapangan.

c. Analisis Data

Setelah mendapatkan data kemudian peneliti melakukan analisis data sesuai data real yang diperoleh di lapangan.

d. Pembahasan

Pada tahap ini berisi tentang pembahasan tentang hasil penelitian sesuai dengan acuan dan kriteria yang telah ditetapkan.

e. Merancang Modul

Pada tahap ini peneliti merancang modul fisika kontekstual yang sesuai dengan pembelajaran di SMA.

f. Validasi Rancangan Modul

Pada tahap ini rancangan modul fisika kontekstual di validasi oleh ahli, yaitu dosen pendidikan fisika Universitas Jember, jika rancangan modul fisika kontekstual tidak valid, maka dilakukan perancangan ulang modul fisika kontekstual.

g. Simpulan dan Saran

Pada tahap ini penulis menyimpulkan seluruh pembahasan serta memberikan saran yang ditujukan kepada pihak tertentu.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data-data yang relevan dan sesuai dengan tujuan penelitian, meliputi teknik pengumpulan data, alat dan bahan penelitian, dan langkah pengukuran.

3.5.1. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu melalui data primer yang diperoleh dari observasi langsung di lapangan dan melalui data sekunder berdasarkan perhitungan matematis. Lokasi penelitian berada di area aliran air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember. Terdapat dua titik pengukuran berbeda yang diambil berdasarkan kesesuaian rumusan masalah, yakni pertama sepanjang aliran sungai air terjun dan kedua pada air terjun yang memiliki ketinggian tertentu.

Observasi dilakukan untuk mengumpulkan data primer agar dapat dianalisis dalam penelitian ini. Pengukuran pada titik pertama dilakukan sepanjang aliran sungai air terjun Tujuh Bidadari dengan mengumpulkan data berupa kedalaman (s), lebar penampang sungai (d), luas penampang (A), kecepatan aliran air (v), debit (Q). Pengukuran pada titik kedua dilakukan pada air terjun dengan mengumpulkan data berupa ketinggian air terjun (h_0), ketinggian yang digunakan sebagai variabel bebas untuk pengukuran kecepatan (h_t), kecepatan jatuhnya air pada tiap variabel ketinggian yang ditentukan (v_t). Setelah data primer dari observasi diperoleh kemudian akan di *cross check* dengan data sekunder hasil perhitungan matematis.

3.5.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

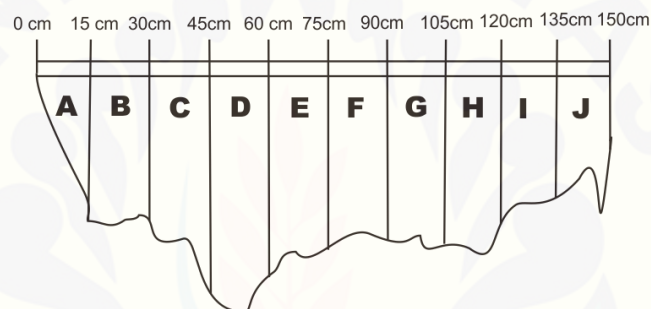
- a. Arduino dilengkapi sensor *flow water*, untuk mengukur kecepatan arus air dan debit.
- b. Batang besi dilengkapi meteran untuk mengukur kedalaman air
- c. Meteran, untuk mengukur panjang, lebar, kedalaman dan ketinggian air terjun.
- d. Tali, untuk membantu pengukuran panjang, lebar dan ketinggian air terjun.
- e. Alat pengukur ketinggian air terjun menggunakan prinsip trigonometri berupa pipa disertai busur untuk mengukur ketinggian air terjun

- f. Kamera digital, untuk mendokumentasikan pelaksanaan penelitian.
- g. Laptop, untuk kompilasi dan analisis data.

3.5.3. Langkah Penelitian

Terdapat 2 langkah pengukuran berbeda pada penelitian ini, antara lain :

- a. Pengukuran debit pada luas penampang berbeda
 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



Gambar 3.2 Permodelan pengukuran kedalaman

Menentukan luas penampang menggunakan pendekatan integral trapesium

$$\text{Luas Trapesium} = \frac{(\text{Jumlah sisi sejajar}) \times \text{tinggi}}{2}$$

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

4. Mengukur debit air (**Q**) pada tiap luas penampang yang telah diukur menggunakan sensor *Waterflow*
5. Mencatat data hasil penelitian pada tabel 3.2 dan 3.3
6. Menghitung kesalahan relatif data hasil penelitian

$$Q = (\bar{Q} + \Delta\bar{Q})$$

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N}{N} = \sum_{i=1}^N Q_i = \text{nilai ukur rerata}$$

$$\Delta\bar{Q} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q - Q_i)^2}{N-1}} = \text{nilai ralatnya/ralat mutlak}$$

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

b. Pengukuran ketinggian dan kecepatan air terjun

1. Mempersiapkan alat dan bahan
2. Mengukur ketinggian air terjun (h_0) menggunakan pendekatan prinsip trigonometri
3. Menghitung besar kecepatan (v) aliran air terjun ketika jatuh menggunakan rumus gerak jatuh bebas dan hukum Bernoulli

$$v_A = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

4. Mencatat data hasil penelitian pada tabel 3.4 dan 3.5
5. Menghitung kesalahan relatif data hasil penelitian

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

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_N}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N v_i}{N} = \text{nilai ukur rerata}$$

$$\Delta \bar{v} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{v} - v_i)^2}{(N-1)}} = \text{nilai ralatnya/ralat mutlak}$$

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

3.6 Teknik Analisis Data

3.6.1 Validasi Modul

Pada tahap ini validator diberi lembar validasi dan modul pembelajaran fisika. Kemudian validator diminta untuk memberi penilaian terhadap aspek yang dinilai. Validator dapat menambahkan uraian revisi jika terdapat kesalahan atau kekurangan pada modul fisika. Validasi pada penelitian ini dilakukan oleh dua validator, yaitu dua dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember

a. Validasi Ahli

Berdasarkan data hasil penilaian kevalidan modul pembelajaran fisika ditentukan rata-rata nilai indikator yang diberikan oleh validator. Menurut Akbar (2013:41) rata-rata nilai indikator ditentukan dengan persamaan berikut :

$$V_a = \frac{TS_e}{TS_h} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan : V_a = Validasi Ahli

TS_e = Total Skors Empiris (hasil validasi dari validator)

TS_h = Total skor maksimal yang diharapkan.

Selanjutnya V_a ini ditunjuk pada interval penentuan kevalidan modul pembelajaran fisika pada tabel :

Tabel 3.1 Kriteria Validitas Bahan Ajar

No.	Kategori Validitas	Angka
1.	Sangat Valid, atau dapat digunakan tanpa revisi	85,1% - 100%
2.	Valid, atau dapat digunakan namun perlu revisi kecil	70,15 – 85%
3.	Kurang Valid, disarankan tidak digunakan karena perlu revisi	50,1% - 70%
4.	Tidak Valid, Atau tidak boleh dipergunakan	0,1% - 50%

3.6.2 Data Kajian Dinamika Fluida

Penyajian data merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan agar data dapat dipahami dan dianalisis sesuai dengan tujuan yang diinginkan. 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 3.2 Pengukuran kedalaman dan luas penampang

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

Tabel 3.3 Pengukuran debit pada luas penampang berbeda

No	Panjang Penampang (m)	Luas Penampang (m ²)	Debit (cm ³ /s)
1			
2			
3			
Rata-rata			

Tabel 3.4 Pengukuran ketinggian air terjun

No	h pengamat	Jarak pengamat ke air terjun (x)	θ°	$\tan \theta^\circ$	h_x ($\tan \theta^\circ \times$ jarak pengamat (x))	h total air terjun ($h_x + h$ pengamat)
1						
2						
3						
Rata-rata						

Tabel 3.5 Pengukuran kecepatan dan ketinggian air terjun

No.	g (m/s^2)	h_{total} (m)	$V_{air\ terjun}$ (m/s)

Data-data tersebut kemudian dianalisis untuk mengkaji fluida dinamis pada titik pengukuran yang sudah ditentukan. Hasil kajian ini kemudian digunakan untuk mendeskripsikan rancangan modul fisika untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sesuai dengan pembelajaran di SMA.

Deskripsi rancangan modul pembelajaran fisika ini akan meliputi judul, petunjuk umum, materi, contoh soal dan latihan soal. Melalui modul, siswa ditunjukkan langkah demi langkah apa yang harus dilakukan dalam pembelajaran meliputi melakukan mengamati dan menganalisis terhadap konsep dan materi yang disajikan. Data-data dan informasi hasil penelitian di air terjun Tujuh Bidadari dijadikan sebagai acuan dan akan disinkronkan kedalam isi materi, contoh soal dan latihan soal pada rancangan modul pembelajaran fisika. Rancangan modul pembelajaran fisika materi dinamika fluida ini terdapat 3 pokok bahasan yang akan dibuat yaitu laju aliran dan debit, asas kontinuitas, dan asas bernoulli.

3.7 Desain Rancangan Modul

DESAIN RANCANGAN MODUL FISIKA
MATERI DINAMIKA FLUIDA KELAS XI SMA
1. Judul Modul
.....
.....
2. Petunjuk Umum
.....
.....
3. Materi
.....
.....
4. Contoh Soal
.....
.....
5. Soal Berpikir Kritis
.....
.....

Gambar 3.3 Desain rancangan modul

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kecepatan aliran air berbanding terbalik terhadap luas penampang sungai, semakin besar luas penampang sungai maka kecepatan aliran akan semakin kecil. Begitupun sebaliknya, hal ini sesuai dengan asas kontinuitas.
- b. Kecepatan jatuhnya air bebanding lurus terhadap ketinggian air terjun, semakin tinggi ketinggian air terjun maka kecepatan jatuhnya air akan semakin cepat. Begitupun sebaliknya, hal ini sesuai dengan prinsip gerak jatuh bebas dan hukum bernoulli.
- c. Rancangan modul fluida dinamis yang disusun memuat: (1) materi fluida dinamis, (2) contoh soal, dan (3) latihan soal untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa berdasarkan kajian dinamika pada aliran air terjun tujuh bidadari.
- d. Rancangan modul fluida dinamis yang disusun berdasarkan kajian dinamika pada aliran air terjun tujuh bidadari mendapatkan rata-rata nilai validasi sebesar 75,43 dan berada pada interval $70,1\% \leq V_a \leq 85\%$, dan dikategorikan valid.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka diajukan beberapa saran sebagai berikut:

- a. Bagi peneliti lain bisa gunakan sebagai rujukan untuk pembuatan sumber belajar terutama fenomena kontekstual di kabupaten Jember dan dilanjutkan ke tahap validasi pengguna (guru dan siswa) sehingga bisa disebarakan untuk pembelajaran siswa secara luas.
- b. Bagi guru dapat dijadikan sebagai rujukan bahan ajar kontekstual untuk materi fluida dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2007. *Fisika Dasar 1*. Bandung: ITB.
- Abdullah, M. 2016. *Fisika Dasar 1*. Bandung: ITB.
- Akbar, S. 2013. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Astutik, S., E. Susanti, Madladzim, dan M. Nur. 2017. Effectiveness of Collaborative Students Worksheet to Improve Student's Affective Scientific Collaborative and Science Process Skill (SPS). *International Journal of Education and research*. Vol. 5 (1) : 151-164.
- Asyhar, R. 2012. *Kreatif Mengembangkan Media Pembelajaran* Jakarta: Referensi
- Chow, V. T. 1984. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta : Erlangga.
- Dewi, E. K. dan O. Jatinginsih. 2015. Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Mata Pelajaran PPKn Kelas X di SMAN 22 Surabaya. *Jurnal Kajian Moral dan Kewarganegaraan*. Vol. 2 (3) : 936-950.
- Facione, P. A. 1992. Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. <http://www.student.uwa.edu.au>. [Diakses pada 29 November 2017]
- Fitri, L. A., E. S. Kurniawan, N. Ngazizah. 2013. Pengembangan Modul Fisika pada Pokok Bahasan Listrik Dinamis Berbasis Domain Pengetahuan Sains untuk Mengoptimalkan *Minds-On* Siswa SMA Negeri 2 Purworejo Kelas X Tahun Pelajaran 2012/2013. *Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*. Vol. 3 (1) : 19-23.
- Halliday, dkk. 2010. *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Harseno. Studi Eksperimental Aliran Berubah Beraturan pada Saluran Terbuka Bentuk Prismatis. 2007. *Jurnal Ilmiah UKRIM* Edisi 2 (XII) : 1-26.
- Harto. 1984. *Mengenal Dasar Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- Hasbullah. 2009. *Dasar-dasar Ilmu Pendidikan ed. Revisi-8*. Jakarta : Rajawali pers.

- Jaya. 2012. Pengembangan Modul Fisika Kontekstual Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas X Semester 2 di SMK Negeri 3 Singaraja. *Jurnal Teknologi Pembelajaran*. Vol. 1 (2) : 1-24.
- Johnson, E. B. 2002. *Contextual Teaching and Learning: What It Is and Why It Is Here to Stay*. California USA : Corwin Press. Inc.
- Karim, A. 2011. Pendekatan Metakognitif Sebagai Alternatif Pembelajaran Matematika Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa PGSD. *Jurnal Pendidikan Dasar*. Edisi Khusus (1) : 39-46.
- Olson, R. M. dan S. J. Wright. 1993. *Dasar-dasar Mekanika Fluida Teknik*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Parmin, E. P. 2012. Pengembangan Modul Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar Ipa Berbasis Hasil Penelitian Pembelajaran. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*. Vol. 1 (1) : 8 -15.
- Prastowo, A. 2014. *“Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif”*. Yogyakarta: DIVA Press.
- Rachmad. 2004. *Hidrologi*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Rahma, A.N. 2012. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Inkuiri Berpendekatan Sets Materi Kelarutan Dan Hasil Kali Kelarutan Untuk Menumbuhkan Ketrampilan Berpikir Kritis Dan Empati Siswa Terhadap Lingkungan. *Journal of Educational Research and Evaluation*. Vol. 1 (2) : 134.
- Rahmat, M., Muhandjito, dan S. Zulaikah. 2014. Kemampuan Pemecahan Masalah Melalui Strategi Pembelajaran *Thinking Aloud Pair Problem Solving* Siswa kelas X SMA. *Jurnal Fisika Indonesia*. Vol. 18 (54) : 108 - 122.
- Sabariasih, D. P., Jamzuri, dan L. Rahmasari. 2015. Remediasi Pembelajaran Fisika dengan Model *Snowball Throwing* pada Materi Fluida Dinamis Kelas Xi Di Sma Negeri 6 Surakarta. *Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF)*. Vol. 6 (1) : 160-165.
- Sajidan. 2014. Pembelajaran Biologi dengan Pendekatan Saintifik pada Implementasi Kurikulum 2013. *Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS*. Vol. 11 (1) : 20-26.
- Sanjaya, W. 2011. *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta:Kencana Prenada Media.

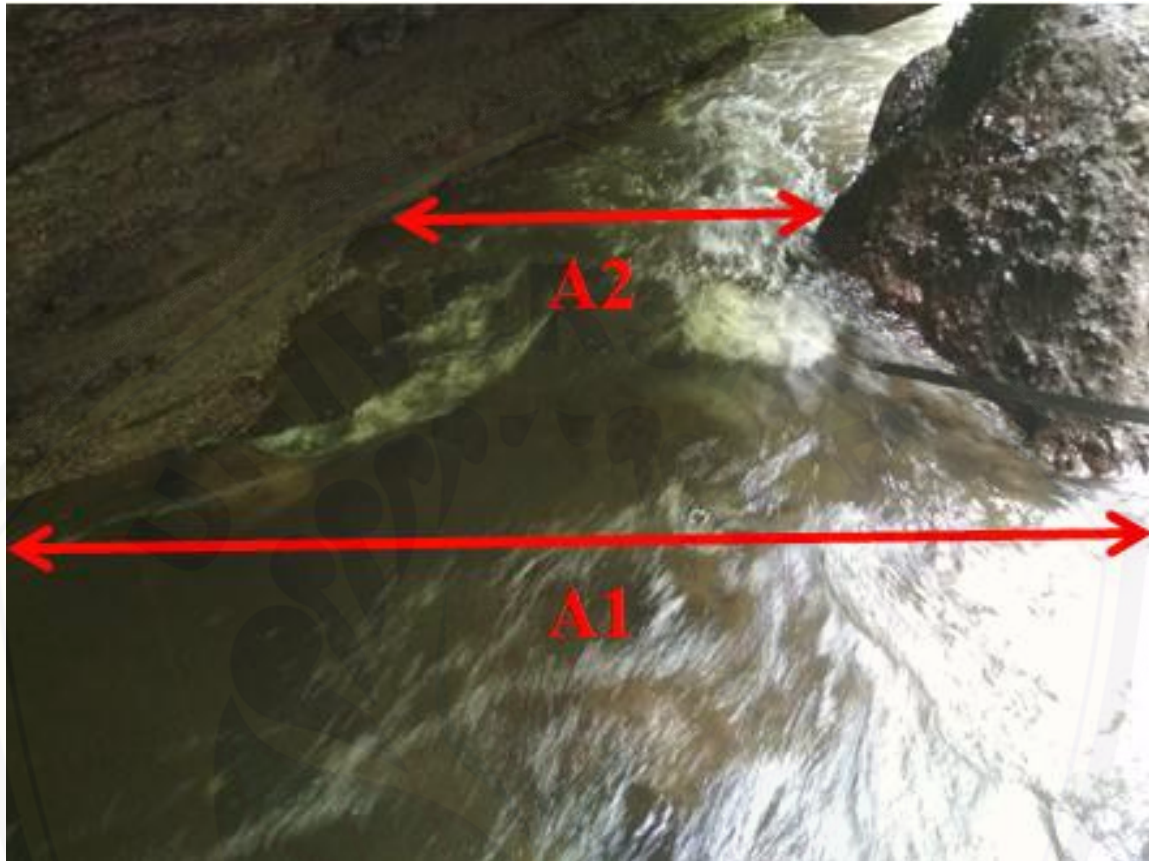
- Splitter, L. J. 1991. Critical Thinking : What, Why, When, and How. *Educational Philosophy and Teory*. Vol. 23 (1): 89-109.
- Streeter, V. L. dan E. B. Wylic. 1985. *Mekanika Fluida*. Jakarta : Erlangga.
- Suharto. 1991. *Dinamika Dan Mekanika Untuk Perguruan Tinggi*. Jakarta: PT RINEKA CIPTA.
- Sukmadinata, N. S., A. N. Jami'at, dan Ahman. 2006. *Pengendalian Mutu pendidikan Sekolah Menengah*. Bandung : PT Refika Aditama.
- Susanti. 2013. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Melalui Pendekatan CTL Untuk Meminimalisir Miskonsepsi Fluida Dinamis. *Jurnal Penelitian Pendidikan Sains*. Vol.2 (2) : 224-230.
- Sutono. 2016. Monitoring Distribusi Air Bersih. *Jurnal Ilmiah SETRUM*. Vol.5 (1) : 37-42.
- Tirtarahardja, U., dan S. L. Sulo. 2005. *pengantar pendidikan ed. Revisi-8*. Jakarta : PT Rineka Cipta.
- Triady, R., D. Trianto, dan Ilhamsyah. 2015. Prototipe Sistem Keran air Otomatis Berbasis Sensor Flowmeter pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Coding Sistem Komputer Untan*. Vol. 3 (3) : 25-34.
- Widyasari, A., Sukarmin, dan Sarwanto. 2015. Pengembangan Modul Fisika Kontekstual pada Materi Usaha, Energi, dan Daya untuk Peserta Didik Kelas X SMK Harapan Kartasura. *Jurnal Inkuiri*. Vol. 4 (2) : 125-134.
- Zulhaini, A. Halim, dan Mursal. 2016. Pengembangan Modul Fisika Kontekstual Hukum Newton untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Siswa di MAN Model Banda aceh. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*. Vol. 4 (2) : 180-190.
- Zusnani, I. 2012. *Manajemen Pendidikan Berbasis Karakter Bangsa*. Jakarta : Tugu Publisher.

LAMPIRAN A. MATRIK PENELITIAN

MATRIKS PENGAJUAN JUDUL PENELITIAN

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	JENIS PENELITIAN	SUMBER DATA	ANALISIS DATA	ALUR PENELITIAN
Kajian Dinamika Fluida pada Aliran Air Terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember sebagai Bahan untuk Merancang Modul dalam Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMA.	<ol style="list-style-type: none"> Menghasilkan data hasil kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Tujuh Bidadari Kabupaten Jember Menghasilkan rancangan modul pembelajaran fisika di SMA yang valid. 	Penelitian Deskriptif	<p>Kajian : Melalui data primer yang diperoleh dari observasi langsung di lapangan dan melalui data sekunder melalui perhitungan matematis</p> <p>Validasi Ahli : Dua Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember</p> <p>Pustaka : Buku/literatur, jurnal, artikel.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Jenis penelitian : <i>Descriptive</i> Desain penelitian : <i>Descriptive Analitics</i> Penentuan Daerah Penelitian : <i>Purposive sampling area</i> Pengumpulan data: <ul style="list-style-type: none"> - Observasi - Dokumentasi 	<ol style="list-style-type: none"> Persiapan Pengumpulan data Analisis Data Pembahasan Perancangan Modul Validasi rancangan modul Simpulan dan saran

Lampiran B. Pengukuran kedalaman dan lebar penampang lokasi A



Gambar B1. Lokasi pengukuran penampang pada lokasi A

JEMBER

Tabel B1. Data lebar dan kedalaman penampang pada lokasi A

No.	Lebar penampang		Kedalaman Penampang		Luas Penampang		Lebar penampang		Kedalaman Penampang		Luas Penampang	
	l	Δl	h	Δh	A	ΔA	l	Δl	h	Δh	A	ΔA
1	-	-	24	-	-	-	-	-	24	-	-	-
2	15	0,05	42	0,05	495	2,025	15	0,05	28	0,05	390	1,675
3	15	0,05	32	0,05	555	2,225	15	0,05	30	0,05	435	1,825
4	15	0,05	40	0,05	540	2,175	15	0,05	35	0,05	487,5	2
5	15	0,05	33	0,05	547,5	2,2	15	0,05	42	0,05	577,5	2,3
6	15	0,05	37	0,05	525	2,125	15	0,05	44	0,05	645	2,525
7	15	0,05	26	0,05	472,5	1,95	15	0,05	24	0,05	510	2,075
8	15	0,05	31	0,05	427,5	1,8	15	0,05	29	0,05	397,5	1,7
9	15	0,05	35	0,05	495	2,025	10	0,05	18	0,05	423	1,625
10	15	0,05	33	0,05	510	2,075						
11	15	0,05	22	0,05	412,5	1,75						
12	15	0,05	23	0,05	337,5	1,5						
13	15	0,05	22	0,05	337,5	1,5						
14	15	0,05	17	0,05	292,5	1,35						
15	15	0,05	15	0,05	240	1,175						
16	13	0,05	9	0,05	156	0,925						
Tot	$l \pm \Delta l =$ (223 \pm 0,05) cm				$A \pm \Delta A =$ (6343,5 \pm 26,8) cm^2		$l \pm \Delta l =$ (115 \pm 0,05) cm				$A \pm \Delta A =$ (3865,5 \pm 15,7) cm^2	

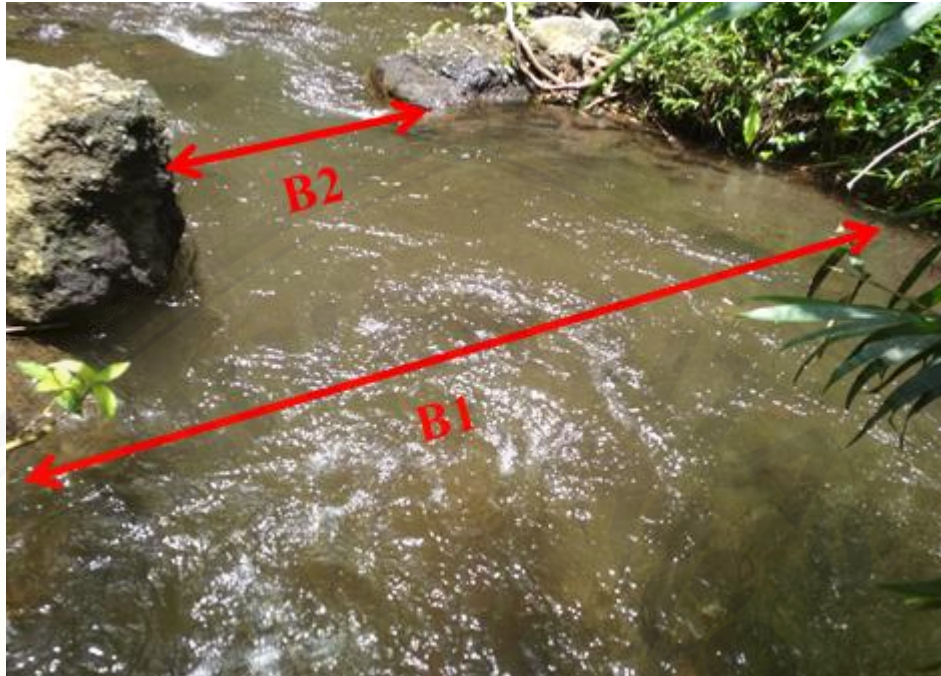
Tabel B2. Data pengukuran debit menggunakan sensor *waterflow* pada lokasi A

Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang (cm^2)	Debit (cm^3/s)	Kecepatan (m/s)
A1	223	6343,5	32790	5,17
			32610	5,14
			32340	5,1
Rata-rata			32580	5,13
A2	115	3865,5	32540	8,42
			32890	8,51
			32660	8,45
Rata-rata			32696,7	8,46

Tabel B3. Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi A

Penampang A1							
l (cm)	Δl	V (cm/s)	ΔV	A (cm^2)	ΔA	Q (cm^3/s)	ΔQ
223	0,05	5,13	0,03	6343,5	26,8	32580	226,4
Penampang A2							
l (cm)	Δl	V (cm/s)	ΔV	A (cm^2)	ΔA	Q (cm^3/s)	ΔQ
115	0,05	8,46	0,04	3865,5	15,7	32696,7	177,8

Lampiran C. Pengukuran kedalaman dan lebar penampang lokasi B



Gambar C1. Lokasi pengukuran penampang pada lokasi B

JEMBER

Tabel C1. Data lebar dan kedalaman penampang pada lokasi B

No.	Lebar penampang		Kedalaman Penampang		Luas Penampang		Lebar penampang		Kedalaman Penampang		Luas Penampang	
	l	Δl	h	Δh	A	ΔA	l	Δl	h	Δh	A	ΔA
1	-	-	7	-	-	-	-	-	27	-	-	-
2	15	0,05	10	0,05	127,5	0,8	15	0,05	20	0,05	352,5	1,55
3	15	0,05	12	0,05	165	0,925	15	0,05	20	0,05	300	1,375
4	15	0,05	10	0,05	165	0,925	15	0,05	24	0,05	330	1,475
5	15	0,05	11	0,05	157,5	0,9	15	0,05	28	0,05	390	1,675
6	15	0,05	12	0,05	172,5	0,95	15	0,05	22	0,05	375	1,625
7	15	0,05	10	0,05	165	0,925	15	0,05	23	0,05	337,5	1,5
8	15	0,05	18	0,05	210	1,075	13	0,05	25	0,05	312	1,525
9	15	0,05	14	0,05	240	1,175						
10	15	0,05	12	0,05	195	1,025						
11	15	0,05	15	0,05	202,5	1,05						
12	15	0,05	16	0,05	232,5	1,15						
13	15	0,05	20	0,05	270	1,275						
14	15	0,05	22	0,05	315	1,425						
15	15	0,05	42	0,05	480	1,975						
16	15	0,05	31	0,05	547,5	2,2						
17	15	0,05	20	0,05	382,5	1,65						
18	15	0,05	16	0,05	270	1,275						

No.	Lebar penampang		Kedalaman Penampang		Luas Penampang		Lebar penampang		Kedalaman Penampang		Luas Penampang	
	l	Δl	h	Δh	A	ΔA	l	Δl	h	Δh	A	ΔA
19	12	0,05	9	0,05	150	0,925						
Tot	$l \pm \Delta l =$ (288 \pm 0,05) cm				$A \pm \Delta A =$ (7635 \pm 32,6) cm^2		$l \pm \Delta l =$ (120 \pm 0,05) cm				$A \pm \Delta A =$ (3405 \pm 14,4) cm^2	



Tabel C2. Data pengukuran debit menggunakan sensor *waterflow* pada lokasi B

Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang	Debit	Kecepatan (m/s)
B1	288	7635	28890	3,78
			28890	3,78
			28630	3,75
Rata-rata			28803,3	3,77
B2	120	3405	29130	8,55
			29220	8,58
			29360	8,62
Rata-rata			29236,7	8,58

Tabel C3. Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi B

Penampang B1							
l (cm)	Δl	V (cm/s)	ΔV	A (cm^2)	ΔA	Q (cm^3/s)	ΔQ
288	0,05	3,77	0,02	7635	32,6	28803,3	150,1
Penampang B2							
l (cm)	Δl	V (cm/s)	ΔV	A (cm^2)	ΔA	Q (cm^3/s)	ΔQ
120	0,05	8,58	0,04	3405	14,4	29236,7	115,9

Lampiran D. Pengukuran kedalaman dan lebar penampang lokasi C



Gambar D1. Lokasi pengukuran penampang pada lokasi C

Tabel D1. Data lebar dan kedalaman penampang pada lokasi C

No	Lebar penampang		Kedalaman Penampang		Luas Penampang		Lebar penampang		Kedalaman Penampang		Luas Penampang	
	<i>l</i>	Δl	<i>h</i>	Δh	<i>A</i>	ΔA	<i>l</i>	Δl	<i>h</i>	Δh	<i>A</i>	ΔA
1	-	-	28	-	-	-	-	-	28	-	-	-
2	15	0,05	35	0,05	472,5	1,95	15	0,05	30	0,05	435	1,825
3	15	0,05	42	0,05	577,5	2,3	15	0,05	23	0,05	397,5	1,7
4	15	0,05	37	0,05	592,5	2,35	15	0,05	24	0,05	352,5	1,55
5	15	0,05	33	0,05	525	2,125	15	0,05	37	0,05	457,5	1,9
6	15	0,05	35	0,05	510	2,075	15	0,05	30	0,05	502,5	2,05
7	15	0,05	39	0,05	555	2,225	15	0,05	33	0,05	472,5	1,95
8	15	0,05	35	0,05	555	2,225	15	0,05	25	0,05	435	1,825
9	15	0,05	24	0,05	442,5	1,85	15	0,05	22	0,05	352,5	1,55
10	15	0,05	28	0,05	390	1,675						
11	15	0,05	27	0,05	412,5	1,75						
12	15	0,05	26	0,05	397,5	1,7						
13	15	0,05	28	0,05	405	1,725						
14	15	0,05	15	0,05	322,5	1,45						
15	15	0,05	18	0,05	247,5	1,2						
16	15	0,05	18	0,05	270	1,275						
17	15	0,05	13	0,05	232,5	1,15						
18	15	0,05	20	0,05	247,5	1,2						

No	Lebar penampang		Kedalaman Penampang		Luas Penampang		Lebar penampang		Kedalaman Penampang		Luas Penampang	
	l	Δl	h	Δh	A	ΔA	l	Δl	h	Δh	A	ΔA
19	15	0,05	16	0,05	270	1,275						
20	18	0,05	12	0,05	210	1,15						
Tot	$l \pm \Delta l =$ (267 \pm 0,05) cm				$A \pm \Delta A =$ (4447,5 \pm 21,6) cm^2		$l \pm \Delta l =$ (103 \pm 0,05) cm				$A \pm \Delta A =$ (2397 \pm 10,7) cm^2	

Tabel D2. Data pengukuran debit menggunakan sensor *waterflow* pada lokasi C

Penampang	Lebar Penampang (cm)	Luas Penampang	Debit	Kecepatan (m/s)
C1	267	4447,5	28230	6,35
			28660	6,44
			28440	6,39
Rata-rata			28443,3	6,39
C2	103	2397	28430	11,86
			28220	11,77
			28360	11,83
Rata-rata			28336,7	11,82

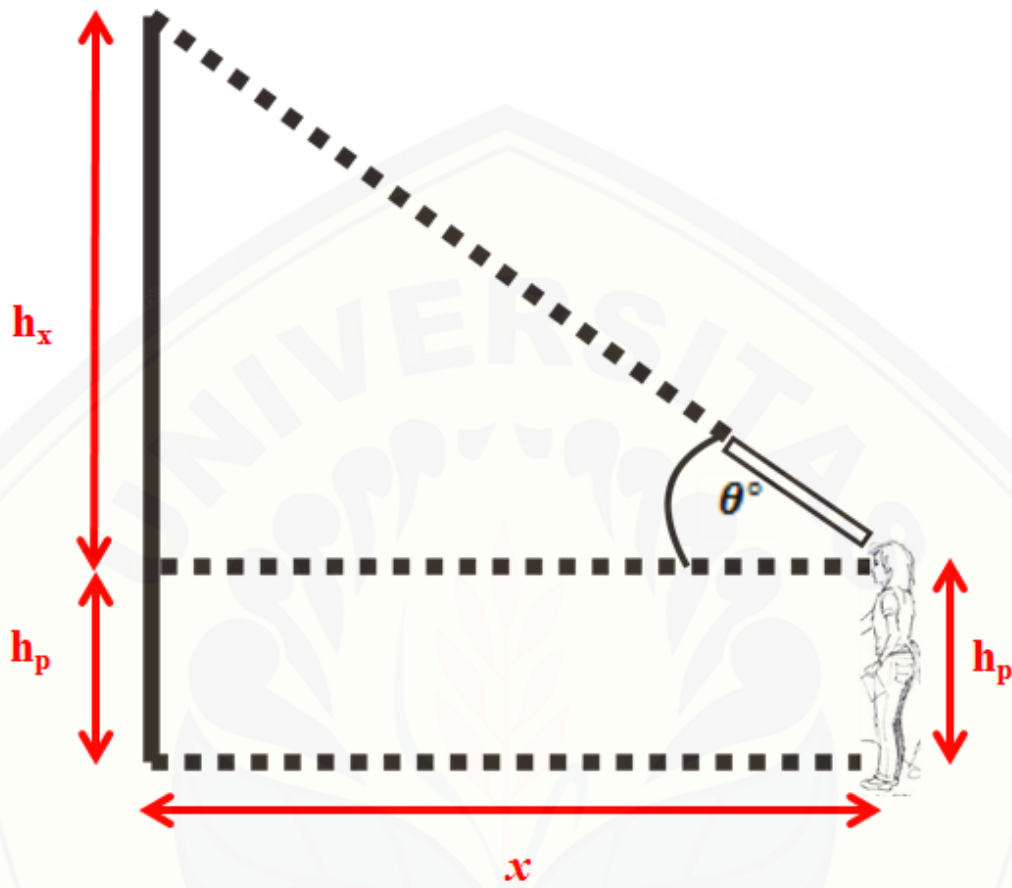
Tabel D3. Data debit dan kecepatan aliran pada lokasi C

Penampang C1							
l (cm)	Δl	V (cm/s)	ΔV	A (cm^2)	ΔA	Q (cm^3/s)	ΔQ
267	0,05	6,39	0,04	4447,5	21,6	28443,3	215,0
Penampang C2							
l (cm)	Δl	V (cm/s)	ΔV	A (cm^2)	ΔA	Q (cm^3/s)	ΔQ
103	0,05	11,82	0,04	2397	10,7	28336,7	106,9

Lampiran E. Pengukuran ketinggian dan kecepatan air terjun



Gambar E1. Ketinggian air terjun Tujuh Bidadari



Gambar E1. Permodelan pengukuran ketinggian air terjun

Tabel E1. Data ketinggian air terjun tujuh bidadari

No	h pengamat	Jarak pengamat ke air terjun (x)	θ°	$\tan \theta^\circ$	h_x ($\tan \theta^\circ \times$ jarak pengamat (x))	h total air terjun ($h_x + h$ pengamat)
1	$(166 \pm 0,05)$ cm	$(3,9 \pm 0,05)$ cm	59	1,66	6,47	8,13
2			57	1,54	6,01	7,67
3			57	1,54	6,01	7,67
Rata-rata						7,82

Tabel E2. Data pengukuran ketinggian dan kecepatan pada dasar air terjun

No.	g (m/s^2)	h_{total} (m)	Δh (m)	$V_{air\ terjun}$ (m/s)	Δv (m/s)
1.	9,8	7,82	0,27	12,38	0,21

Tabel E3. Data kecepatan pada ketinggian setengah h air terjun

No.	g (m/s^2)	$\frac{1}{2} h$ (m)	Δh (m)	$V_{air\ terjun}$ (m/s)	Δv (m/s)
1.	9,8	3,91	0,27	8,75	0,3

Perhitungan matematis kecepatan aliran air terjun tujuh bidadari pada dasar air terjun :

$$v_A = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$v_A = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 7,82}$$

$$v_A = \sqrt{155,43}$$

$$v_A = 12,38 \text{ m/s}$$

Perhitungan matematis kecepatan aliran air terjun tujuh bidadari pada dasar air terjun :

$$v_A = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$v_A = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 3,91}$$

$$v_A = \sqrt{77,71}$$

$$v_A = 8,75 \text{ m/s}$$

Lampiran F. Perhitungan ralat

Ralat tunggal pengukuran lebar dan kedalaman sungai serta tinggi pengamat dan jarak pengamat :

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

$$\Delta x = \frac{1}{2} x 0,1$$

$$\Delta x = 0,05$$

Ralat perhitungan luas penampang sungai :

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

$$\Delta A = \left(\frac{\partial A}{\partial h} \Delta h\right) + \left(\frac{\partial A}{\partial l} \Delta l\right)$$

$$\Delta A = \left(\frac{1}{2} \Delta h\right) + \left(\frac{h_1+h_2}{2} \Delta l\right)$$

$$\Delta A1 = 26,8 \quad \Delta A2 = 15,7$$

$$\Delta A3 = 32,6 \quad \Delta A4 = 14,4$$

$$\Delta A5 = 21,6 \quad \Delta A6 = 10,7$$

Ralat pengukuran debit aliran :

$$Q = (\bar{Q} + \Delta\bar{Q})$$

$$\bar{Q} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N}{N} = \sum_{i=1}^N Q_i$$

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

$$\Delta\bar{Q}1 = 226,4 \quad \Delta\bar{Q}2 = 177,8$$

$$\Delta\bar{Q}3 = 150,1 \quad \Delta\bar{Q}4 = 115,9$$

$$\Delta\bar{Q}5 = 215,0 \quad \Delta\bar{Q}6 = 106,9$$

Ralat perhitungan kecepatan aliran :

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

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

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

$$\Delta\bar{v}1 = 0,03 \quad \Delta\bar{v}2 = 0,04$$

$$\Delta\bar{v}3 = 0,02 \quad \Delta\bar{v}4 = 0,04$$

$$\Delta\bar{v}5 = 0,04 \quad \Delta\bar{v}6 = 0,04$$

Ralat pengukuran ketinggian air terjun :

$$h = (\bar{h} + \Delta\bar{h})$$

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_N}{N} = \sum_{i=1}^N h_i$$

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

$$\Delta\bar{h}1 = 0,27 \quad \Delta\bar{h}2 = 0,27$$

Ralat perhitungan kecepatan air terjun :

$$v = \sqrt{2gh} = (2gh)^{1/2}$$

$$\Delta v = \left(\frac{\partial v}{\partial g}\right) \Delta g + \left(\frac{\partial v}{\partial h}\right) \Delta h$$

$$\Delta v = \left(\frac{1}{2}(2gh)^{-1/2}2h\right) \Delta g + \left(\frac{1}{2}(2gh)^{-1/2}2g\right) \Delta h$$

$$\Delta v = \left(\frac{h}{\sqrt{2gh}}\right) \Delta g + \left(\frac{g}{\sqrt{2gh}}\right) \Delta h$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{h}{2g}} \Delta g + \sqrt{\frac{g}{2h}} \Delta h$$

$$\Delta v_1 = 0,21 \quad \Delta v_2 = 0,3$$

Lampiran G. Hasil Validasi Rancangan Modul

Validator I : Dr. Yushardi, S.Si., M.Si

LEMBAR VALIDASI RANCANGAN MODUL FLUIDA DINAMIS KONTEKSTUAL BERDASARKAN KAJIAN DINAMIKAFLUIDA PADA AIR TERJUN TUJUH BIDADARI KABUPATEN JEMBER

Mata Pelajaran: Fisika

Materi Pokok : Fluida Dinamis

A. Petunjuk Pengisian

- Isilah tanda check (✓) pada kolom yang Bapak/ Ibu anggap sesuai dengan aspek penilaian yang ada.
- Kriteria penilaian:
 - SB = Sangat Baik
 - B = Baik
 - K = Kurang
 - SK = Sangat Kurang

B. Aspek Penilaian

1) Kelayakan Isi

Indikator	Butir Penilaian	SB	B	K	SK
Relevansi Materi	Materi relevan dengan kompetensi		✓		
	Contoh-contoh penjelasan relevan dengan kompetensi		✓		
	Latihan dan soal relevan dengan kompetensi		✓		
	Kedalaman uraian sesuai dengan tingkat perkembangan siswa		✓		
	Kelengkapan uraian materi sesuai dengan tingkat perkembangan siswa		✓		
	Jabaran materi cukup memenuhi tuntutan kurikulum		✓		
Keakuratan Materi	Materi yang disajikan sesuai dengan kebenaran keilmuan		✓		
	Materi yang disajikan sesuai perkembangan mutakhir		✓		

	Materi yang disajikan sesuai dengan kehidupan sehari-hari	✓			
--	---	---	--	--	--

2) Penyajian

Indikator	Butir Penilaian	SB	B	K	SK
Kelengkapan Sajian	Menyajikan kompetensi yang harus dikuasai siswa		✓		
	Sistematika Sajian	✓		✓	
	Uraian materi mengikuti alur pikiran dari sederhana ke kompleks			✓	
Penyajian Pembelajaran	Mendorong rasa keingintahuan siswa		✓		
	Mendorong terjadinya interaksi siswa dengan sumber belajar		✓		
	Mendorong siswa membangun pengetahuannya sendiri		✓		
	Mendorong siswa belajar secara berkelompok			✓	

3) Bahasa

Indikator	Butir Penilaian	SB	B	K	SK
Kesesuaian Bahasa	Ketepatan penggunaan ejaan		✓		
	Ketepatan penggunaan istilah		✓		
	Ketepatan penyusunan struktur kalimat		✓		
Keterbacaan	Panjang kalimat sesuai dengan tingkat pemahaman siswa		✓		
	Struktur kalimat sesuai dengan pemahaman siswa		✓		
	Pembuatan alinea sesuai dengan pemahaman siswa		✓		
Penggunaan Istilah dan Simbol	Konsistensi penggunaan istilah		✓		
	Konsistensi penggunaan simbol		✓		

C. Komentar dan Saran

- e) Modul harus dilengkapi tugas rumah secara berkelompok.
- f) Modul harus disertai ringkasan
- g) Modul harus disertai latihan soal minimal 10 soal setiap pokok bahasan
- h) Minimal terdapat satu contoh soal setiap pokok bahasan.
- i) Soal mencakup C₁, C₂, C₃, C₄, C₅, C₆

D. Kesimpulan

Kesimpulan penilaian secara umum: (lingkari salah satu yang sesuai)

1. Belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
2. Dapat digunakan dengan revisi
3. Dapat digunakan tanpa revisi

Jember, 16-03-2018

Validator,

Dr. Yushardi.

NIP. 19650420195121001

Validator II : Prof. Dr. I Ketut Mahardika, M.Si

LEMBAR VALIDASI RANCANGAN MODUL FLUIDA DINAMIS
KONTEKSTUAL BERDASARKAN KAJIAN DINAMIKAFLUIDA
PADA AIR TERJUN TUJUH BIDADARI KABUPATEN JEMBER

Mata Pelajaran: Fisika

Materi Pokok : Fluida Dinamis

A. Petunjuk Pengisian

- Isilah tanda check (✓) pada kolom yang Bapak/ Ibu anggap sesuai dengan aspek penilaian yang ada.
- Kriteria penilaian:
 - SB = Sangat Baik
 - B = Baik
 - K = Kurang
 - SK = Sangat Kurang

B. Aspek Penilaian

1) Kelayakan Isi

Indikator	Butir Penilaian	SB	B	K	SK
Relevansi Materi	Materi relevan dengan kompetensi	✓			
	Contoh-contoh penjelasan relevan dengan kompetensi		✓		
	Latihan dan soal relevan dengan kompetensi		✓		
	Kedalaman uraian sesuai dengan tingkat perkembangan siswa		✓		
	Kelengkapan uraian materi sesuai dengan tingkat perkembangan siswa		✓		
	Jabaran materi cukup memenuhi tuntutan kurikulum		✓		
Keakuratan Materi	Materi yang disajikan sesuai dengan kebenaran keilmuan		✓		
	Materi yang disajikan sesuai perkembangan mutakhir		✓		

	Materi yang disajikan sesuai dengan kehidupan sehari-hari		✓		
--	---	--	---	--	--

2) Penyajian

Indikator	Butir Penilaian	SB	B	K	SK
Kelengkapan Sajian	Menyajikan kompetensi yang harus dikuasai siswa		✓		
	Sistematika Sajian	✓			
	Uraian materi mengikuti alur pikiran dari sederhana ke kompleks		✓		
Penyajian Pembelajaran	Mendorong rasa keingintahuan siswa		✓		
	Mendorong terjadinya interaksi siswa dengan sumber belajar		✓		
	Mendorong siswa membangun pengetahuannya sendiri		✓		
	Mendorong siswa belajar secara berkelompok		✓		

3) Bahasa

Indikator	Butir Penilaian	SB	B	K	SK
Kesesuaian Bahasa	Ketepatan penggunaan ejaan		✓		
	Ketepatan penggunaan istilah		✓		
	Ketepatan penyusunan struktur kalimat		✓		
Keterbacaan	Panjang kalimat sesuai dengan tingkat pemahaman siswa		✓		
	Struktur kalimat sesuai dengan pemahaman siswa		✓		
	Pembuatan alinea sesuai dengan pemahaman siswa		✓		
Penggunaan Istilah dan Simbol	Konsistensi penggunaan istilah		✓		
	Konsistensi penggunaan simbol		✓		

C. Komentar dan Saran

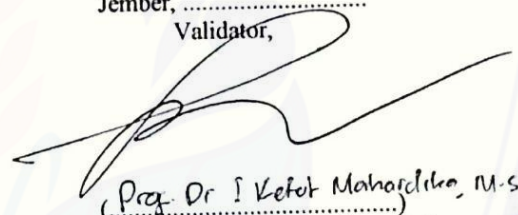
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

D. Kesimpulan

Kesimpulan penilaian secara umum: (lingkari salah satu yang sesuai)

- 1. Belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
- 2. Dapat digunakan dengan revisi
- 3. Dapat digunakan tanpa revisi

Jember,
Validator,



(Prof. Dr. I Ketut Mahardika, M.Si)
NIP. 19650113 199003 1 002

Lampiran H. Dokumentasi penelitian



Gambar H1. Pengukuran lebar sungai



Gambar H2. Pengukuran kedalaman sungai



Gambar H3. Pengukuran debit menggunakan sensor *Waterflow*



Gambar H4. Pengukuran ketinggian air terjun menggunakan pendekatan prinsip trigonometri

Lampiran I. Rancangan Modul Fluida Dinamis

2018



RANCANGAN MODUL FLUIDA DINAMIS

untuk SMA Kelas XI