



**KAJIAN DINAMIKA FLUIDA PADA ALIRAN AIR TERJUN DAMARWULAN
LEDOKOMBO KABUPATEN JEMBER SEBAGAI BAHAN UNTUK
MERANCANG LEMBAR KERJA SISWA DALAM
PEMBELAJARAN FISIKA DI SMA**

SKRIPSI

oleh :
Didit Prasetyo
NIM 130210102066

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**KAJIAN DINAMIKA FLUIDA PADA ALIRAN AIR TERJUN DAMARWULAN
LEDOKOMBO KABUPATEN JEMBER SEBAGAI BAHAN UNTUK
MERANCANG LEMBAR KERJA SISWA DALAM
PEMBELAJARAN FISIKA DI SMA**

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

SKRIPSI

oleh :
Didit Prasetyo
NIM 130210102066

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta, syukur, dan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk:

1. Ayahanda Mulyono dan Ibunda Jumiye. Terima kasih atas untaian doa, curahan kasih sayang, dan pengorbanan selama ini dalam mewujudkan cita-citaku;
2. Guru-guruku sejak SD sampai Perguruan Tinggi terhormat, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran; dan
3. Almater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang kubanggakan.

MOTTO

Ibnu Mas'ud berkata, Rasulullah bersabda, "Tidak boleh ada iri kecuali dalam dua perkara, (yaitu) seseorang yang diberi harta oleh Allah, lalu ia menghabiskannya dalam perkara yang benar, dan seseorang yang diberi ilmu oleh Allah, lalu ia mengamalkannya dan mengajarkannya."

(Muttafaqun 'alaihi. Telah ditakhrij pada hadits no. 571)¹



¹ Nawawi, Imam. 2011. *Riyadhus Shalihin*. Solo : Insan Kamil

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Didit Prasetyo

NIM : 130210102066

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Kajian Dinamika Fluida Pada Aliran Air Terjun Damarwulan Ledokombo Jember Sebagai Bahan Untuk Merancang Lembar Kerja Siswa Dalam Pembelajaran Fisika di SMA” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 17 Oktober 2017

Yang menyatakan,

Didit Prasetyo

NIM 130210102066

SKRIPSI

**KAJIAN DINAMIKA FLUIDA PADA ALIRAN AIR TERJUN DAMARWULAN
LEDOKOMBO KABUPATEN JEMBER SEBAGAI BAHAN UNTUK
MERANCANG LEMBAR KERJA SISWA DALAM
PEMBELAJARAN FISIKA DI SMA**

Oleh

Didit Prasetyo

NIM 130210102066

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Bambang Supriadi, M.Sc

Dosen Pembimbing Anggota : Rayendra Wahyu Bachtiar, S.Pd, M.Pd

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kajian Dinamika Fluida Pada Aliran Air Terjun Damarwulan Ledokombo Jember Sebagai Bahan Untuk Merancang Lembar Kerja Siswa Dalam Pembelajaran Fisika di SMA” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

Hari, Tanggal : Selasa, 17 Oktober 2017

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc

NIP. 19680710 199302 1 001

Rayendra Wahyu B., S.Pd, M.Pd

NIP. 19890119 201212 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Supeno, M.Si

NIP. 19741207 199903 1 002

Drs. Sri Handono Budi P., M.Si

NIP. 19580318 198503 1 004

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

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

NIP. 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

KAJIAN DINAMIKA FLUIDA PADA ALIRAN AIR TERJUN DAMARWULAN LEDOKOMBO KABUPATEN JEMBER SEBAGAI BAHAN DALAM MERANCANG LEMBAR KERJA SISWA UNTUK PEMBELAJARAN FISIKA DI SMA; Didit Prasetyo; 130210102066; 2017; 44 Halaman; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Berdasarkan Undang-Undang No. 20 tahun 2013 tentang sistem pendidikan nasional yang menyebutkan bahwa proses pembelajaran di sekolah perlu mengacu kepada potensi lokal di daerah tersebut. Hal ini juga selaras dengan hakikat pembelajaran fisika yang harus kontekstual dengan berdasarkan fakta, fenomena-fenomena kehidupan sehari-hari. Fakta dilapangan menunjukkan bahwa pembelajaran fisika disekolah masih banyak yang 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 agar lebih mudah dipahami 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.

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif ini bersifat deduktif, berdasarkan teori/konsep yang bersifat umum diaplikasikan untuk menjelaskan tentang seperangkat data. Penelitian ini dilakukan untuk

mengkaji kematerian dinamika fluida pada aliran air terjun Damarwulan Ledokombo Kabupaten Jember sebagai bahan dalam merancang lembar kerja siswa pada pembelajaran fisika di SMA.

Hasil penelitian di sepanjang aliran sungai air terjun Damarwulan didapatkan hasil bahwa kecepatan aliran air pada area A dengan luas penampang 9.705 cm^2 dan 4.705 cm^2 adalah sebesar $9,3 \text{ cm/s}$ dan $18,7 \text{ cm/s}$. Pengukuran juga dilakukan pada area B dengan luas penampang 5.311 cm^2 dan 3.298 cm^2 didapatkan hasil kecepatan aliran air sebesar $18,7 \text{ cm/s}$ dan $28,1 \text{ cm/s}$. Sedangkan pada area C dengan luas penampang 4.396 cm^2 dan 3.146 cm^2 didapatkan hasil kecepatan aliran air sebesar $28,1 \text{ cm/s}$ dan $37,4 \text{ cm/s}$. Pengukuran berikutnya dilakukan di air terjun Damarwulan dengan didapatkan hasil kecepatan air terjun A pada dasar sebesar $10,6 \text{ m/s}$ dengan ketinggian $5,8 \text{ m}$. Sedangkan pada air terjun B didapatkan hasil kecepatan air terjun sebesar $7,9 \text{ m/s}$ dengan ketinggian $3,2 \text{ m}$. Sehingga besar potensi mikrohidro melalui persamaan energi kinetik yang didapatkan adalah 56.180 W dan 24.964 W . Pada air terjun A dan B juga dilakukan pengukuran potensi mikrohidro melalui persamaan energi potensial dengan besar debit sebesar $1 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$, mampu menghasilkan daya sebesar 56.840 W dan 25.088 W .

Berdasarkan hasil kajian penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dapat diberikan adalah : 1) kecepatan aliran berbanding terbalik terhadap luas penampang sungai hal ini sesuai dengan hukum kontinuitas. 2) kecepatan jatuhnya air berbanding lurus terhadap ketinggian air terjun hal ini sesuai dengan prinsip gerak jatuh bebas dan hukum Bernoulli. 3) besarnya potensi mikrohidro dipengaruhi oleh debit, kecepatan dan ketinggian air terjun. 4) Materi yang disajikan dalam rancangan lembar kerja siswa meliputi laju aliran dan debit, asas kontinuitas, gerak jatuh bebas dan hukum Bernoulli, serta potensi mikrohidro.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Dinamika Fluida Pada Aliran Air Terjun Damarwulan Ledokombo Kabupaten Jember Sebagai Bahan Dalam Merancang Lembar Kerja Siswa Untuk Pembelajaran Fisika di SMA”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Jember.

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

1. Dekan FKIP UNEJ, Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D.
2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA, Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes.
3. Ketua Program Studi Pendidikan Fisika, Drs. Bambang Supriadi M.Sc.
4. Ketua Laboratorium Program Studi Pendidikan Fisika, Drs. Alex Harijanto, M.Si.
5. Dosen Pembimbing Akademik, Drs. Alex Harijanto, M.Si.
6. Dosen Pembimbing Utama, Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., dan Dosen Pembimbing Anggota, Rayendra Wahyu Bachtiar, S.Pd, M.Pd., yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
7. Dosen Penguji Utama, Dr. Supeno, M.Si., dan Dosen Penguji Anggota, Drs. Sri Handono B. P., M.Si., yang telah memberikan masukan untuk kesempurnaan skripsi ini.
8. Teman-teman yang membantu penelitian; Zakaria Sandy P., S.P, Moh Khairul Yaqin, Hisyam Y.A., Dian Bachtiar, Alfido Fauzi Z, dan Anis Fuady.

Besar harapan penulis bila segenap pemerhati memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini bermanfaat.

Jember, 17 Oktober 2017

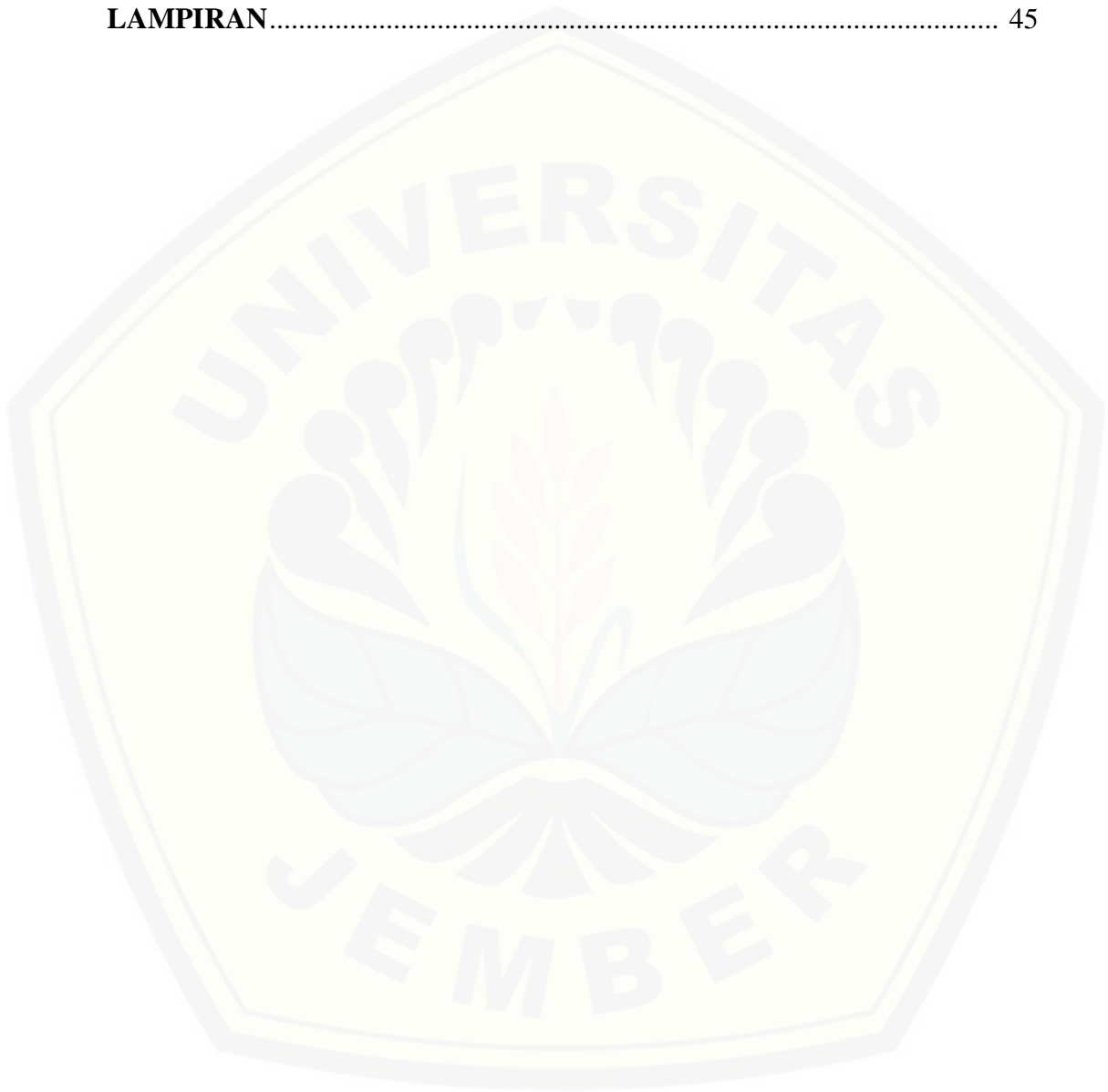
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karakteristik Aliran Saluran Terbuka	6
2.1.1 Klasifikasi Aliran	6
2.1.2 Bentuk Saluran	8
2.1.3 Geometri Saluran	9
2.2 Laju Aliran Fluida	9
2.3 Debit Air	10
2.4 Pengukuran Debit	11
2.4.1 Pengukuran Debit Secara Langsung	11
2.4.2 Pengukuran Debit Secara Tidak Langsung	15

2.5 Persamaan Kontinuitas	16
2.6 Hukum Bernoulli	17
2.7 Potensi Energi Mikrohidro	19
2.8 Lembar Kerja Siswa	20
2.9 Rancangan Lembar Kerja Siswa Berbasis kontekstual	22
BAB 3. METODE PENELITIAN	24
3.1 Jenis Penelitian	24
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	24
3.2.1 Lokasi Penelitian	24
3.2.1 Waktu Penelitian	24
3.3 Alur Penelitian	25
3.4 Metode Pengumpulan Data	25
3.4.1 Teknik Pengumpulan Data	25
3.4.2 Alat dan Bahan Penelitian	27
3.4.3 Langkah Pengukuran	27
3.5 Teknik Analisis Data	29
3.6 Desain Rancangan Lembar Kerja Siswa	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Data Hasil Penelitian	31
4.1.1 Data Hasil Pengukuran Kecepatan Pada luas Penampang Berbeda	31
4.1.2 Data Hasil Pengukuran Ketinggian dan Kecepatan Pada Air Terjun	33
4.1.3 Pengukuran Potensi Mikrohidro	34
4.2 Analisis Hasil Penelitian	35
4.2.1 Analisis Data Pengukuran Kecepatan Pada luas Penampang Berbeda	35
4.2.2 Analisis Data Pengukuran Ketinggian dan Kecepatan Pada Air Terjun	36
4.2.3 Analisis Data Pengukuran Potensi Mikrohidro	37
4.3 Pembahasan	37

BAB 5. PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	45



DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Pengukuran kecepatan pada luas penampang berbeda	29
3.2 Pengukuran ketinggian dan kecepatan pada air terjun dengan persamaan gerak jatuh bebas (GJB).....	29
3.3 Pengukuran ketinggian dan kecepatan pada air terjun dengan persamaan hukum Bernoulli	29
3.4 Pengukuran potensi mikrohidro	29
4.1 Hasil data pengukuran kecepatan dan luas penampang pada area A	31
4.2 Hasil data pengukuran kecepatan dan luas penampang pada area B	32
4.3 Hasil data pengukuran kecepatan dan luas penampang pada area C	33
4.4 Pengukuran ketinggian dan kecepatan air terjun Damarwulan.....	34
4.5 Pengukuran potensi mikrohidro melalui tinjauan kinetik	34
4.6 Pengukuran potensi mikrohidro melalui tinjauan energi potensial.....	35

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Aliran Seragam dan Aliran Seragam tak Tunak	8
2.2 Berbagai Macam Bentuk Saluran Terbuka	9
2.3 Geometri Penampang Persegi dan Trapesium	9
2.4 Laju Aliran Fluida	10
2.5 Debit Air	10
2.6 Pengukuran Kecepatan Arus dengan Pelampung	13
2.7 Pengukuran Kecepatan dengan <i>Velocity Head Rod</i>	14
2.8 Arduino Uno	14
2.9 <i>Flow Sensor Water</i>	15
2.10 Ilustrasi Menurunkan Hukum Bernoulli	17
3.1 Bagan Alur Penelitian	25
3.2 Air Terjun Damarwulan Ledokombo	26
3.3 Permodelan Pengukuran Luas Penampang Sungai	27
3.4 Desain Rancangan Lembar Kerja Siswa	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Lampiran A. Pengukuran kedalaman dan luas penampang pada area A..	44
2. Lampiran B. Pengukuran kedalaman dan luas penampang pada titik B ..	48
3. Lampiran C. Pengukuran kedalaman dan luas penampang pada titik C ..	52
4. Lampiran D. Pengukuran ketinggian dan kecepatan aliran	56
5. Lampiran E. Pengukuran potensi mikrohidro	58
7. Lampiran F. Ralat pengukuran	60
8. Lampiran G. Dokumentasi penelitian	63
9. Lampiran H. Produk rancangan lembar kerja siswa	65

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembelajaran di sekolah memiliki peran penting dalam menyampaikan pengetahuan kepada peserta didik sehingga diperlukan adanya media yang berisi informasi dan gagasan yang mampu memfasilitasi pembelajaran peserta didik, yakni sumber belajar (Sitepu, 2008: 56). Sumber belajar tidak hanya diperoleh dari guru dan buku yang bersifat teoritis, tetapi dapat pula diperoleh dari lingkungan sekitar. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Brahim (2007: 40), yang menyatakan bahwa keberadaan alam sekitar merupakan potensi yang dapat digunakan untuk menunjang aktivitas peserta didik dalam proses pembelajaran.

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

Hal ini juga selaras dengan hakikat pembelajaran fisika yang harus kontekstual dengan berdasarkan fakta, fenomena-fenomena dalam hasil pemikiran dan hasil eksperimen yang telah dilakukan para ahli Fisika. Fisika tidak hanya ditandai oleh adanya kumpulan fakta atau produk saja melainkan juga ditandai munculnya metode dan sikap ilmiah. Fisika menerangkan gejala-gejala alam sesederhana mungkin dan berusaha menemukan hubungan antara kenyataan-kenyataan. Berdasarkan hal tersebut maka dalam proses pembelajaran fisika, konsep-konsep dan data-data dalam bentuk materi dan soal harus sesuai kondisi nyata sehingga akan mudah diterima akal pikiran.

Fakta dilapangan menunjukkan bahwa pembelajaran fisika disekolah masih banyak yang belum memuat kontekstual. Hal ini di dukung 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 pembelajaran fisika yang dianggap sulit oleh siswa adalah fluida dinamis. Materi fluida dinamis yang disampaikan dalam pembelajaran masih bersifat abstrak. Hal ini mengakibatkan siswa kurang memiliki pengalaman belajar langsung dengan wujud nyata sifat fluida sehingga mengalami miskonsepsi pada beberapa konsep fluida dinamis (Fathiah *et al*, 2015: 112). Penelitian 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 asa kontinuitas, yaitu pada kelas replikasi I sebesar 61,0%, sedangkan pada kelas replikasi II sebesar 52,0%. Penyebab terjadinya miskonsepsi berasal dari siswa, buku, guru, konteks, dan cara mengajar.

Salah satu cara mengatasi kesulitan siswa pada pemahaman konsep fluida dinamis agar lebih mudah dimengerti melalui pengembangan bahan ajar fisika berbasis kontekstual. Pengembangan bahan ajar fisika berbasis kontekstual pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya seperti Noor & Wilujeng (2015: 85), yang menyatakan pendekatan kontekstual dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Hal ini didasarkan pada hasil analisis data yang menunjukkan perbedaan skor pretest dan posttest dari 62,14 ke 74,78 dengan skor gains sebesar 12,64. Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Risnawati *et al* (2013: 66-75), yang menyatakan penggunaan modul kontekstual lebih efektif dalam

meningkatkan ketrampilan proses sains siswa. Hal ini dibuktikan melalui data hasil penelitian yang menunjukkan bahwa nilai N-gain pada kelas eksperimen lebih tinggi yakni 0,60 sedangkan nilai N-gain pada kelas kontrol adalah 0,40. Berdasarkan hasil dari dua penelitian diatas membuktikan pembelajaran fisika yang kontekstual lebih efektif membentuk konsep-konsep fisika kepada siswa, sehingga dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Penelitian yang dilakukan oleh peneliti tersebut hanya memuat fenomena-fenomena fisika berdasarkan kejadian sehari-hari tanpa meninjau data-data real di lapangan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengambilan data secara empiris pada suatu fenomena agar dapat menerangkan konsep fisika dengan data yang benar.

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. 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. Selain itu melalui air terjun dapat ditinjau keterbaruan materi dinamika fluida terkait potensi energi mikrohidro. Potensi energi mikrohidro merupakan konsep konversi energi dari energi potensial dan energi kinetik menjadi energi listrik. Sehingga besarnya potensi energi mikrohidro dapat ditinjau melalui besarnya aliran air terjun.

Air terjun Damarwulan yang berlokasi di Ledokombo Kabupaten Jember dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif dalam menjelaskan konsep terkait fluida dinamis serta usaha dan energi. Hal ini dikarenakan air terjun damarwulan merupakan air terjun yang memiliki tipe cascade yakni air terjun jatuh bebas dengan tetap mempertahankan kontak dengan dinding air terjun. Air terjun tipe cascade mempunyai tinggi air terjun dengan kategori sedang, lebar air terjun dengan kategori sedang dan kemiringan tebing vertikal. Air terjun tipe ini terbentuk dikarenakan adanya erosi yang menyebabkan air mengalir melalui formasi bebatuan dari ketinggian tertentu.

Kawasan air terjun Damarwulan memiliki tiga buah air terjun pada alirannya, masing-masing memiliki ketinggian 5 meter hingga 25 meter. Ketiga

air terjun tersebut saling terhubung satu sama lain melalui aliran sungai. Lebar aliran sungai air terjun damarwulan tidak selalu sama, akan tetapi bervariasi dari besar ke kecil maupun dari kecil ke besar. Selain itu kedalaman aliran sungai air terjun damarwulan juga bervariasi tidak selalu sama. Adanya perbedaan-perbedaan tersebut tentu akan berpengaruh terhadap besar kecilnya kecepatan aliran air. Melalui perbedaan ketinggian, lebar, kedalaman dan kecepatan akan dapat dijadikan sebagai bahan untuk menentukan besarnya debit aliran air terjun damarwulan.

Besarnya debit aliran air terjun Damarwulan memiliki kecepatan relatif sedang untuk dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk membuat energi listrik. Energi listrik ini merupakan hasil konversi dari energi kinetik air yang berasal dari kecepatan aliran air terjun dikarenakan adanya perbedaan ketinggian. Melalui hal tersebut dapat dikaji besarnya potensi energi mikrohidro yang terdapat pada aliran air terjun Damarwulan.

Berdasarkan uraian masalah diatas, maka perlu dilakukan pengambilan data sebagai dasar dalam pembuatan sumber belajar pada pokok bahasan fluida dinamis serta usaha dan energi. Adapun judul yang diangkat dalam penelitian ini adalah **“Kajian Dinamika Fluida Pada Aliran Air Terjun Damarwulan Ledokombo Kabupaten Jember Sebagai Bahan Untuk Merancang Lembar Kerja Siswa dalam Pembelajaran Fisika di SMA”**.

1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Bagaimana kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Damarwulan Ledokombo Kabupaten Jember?
- b. Bagaimana rancangan lembar kerja siswa berdasarkan kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Damarwulan Ledokombo Kabupaten Jember?

1.3 Tujuan Penelitian

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

- a. Mengkaji dinamika fluida pada aliran air terjun Damarwulan Ledokombo Kabupaten Jember.
- b. Membuat rancangan lembar kerja siswa yang kontekstual berdasarkan kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Damarwulan Ledokombo 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 di abaikan.
- c. Kecepatan aliran air pada tiap titik kedalaman dianggap sama.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Aliran Saluran Terbuka

Aliran saluran terbuka adalah saluran dimana cairan mengalir dengan permukaan bebas yang terbuka terhadap tekanan atmosfer. Aliran itu disebabkan oleh kemiringan saluran dan permukaan cairannya. Contohnya banyak, baik yang buatan (alur gelontor, alur pelimpah, kanal, bendung, selokan, gorong-gorong), maupun yang ada di alam (air terjun, sungai, kuala, daerah aliran banjir/DAB) (Ranald, 1993: 169).

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

2.1.1 Klasifikasi aliran

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

a. Aliran tunak (*steady flow*)

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

$$Q = v A_{\bar{n}} \quad (2.1)$$

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

$$Q = v_1 A_{n1} = v_2 A_{n2} \quad (2.2)$$

(Harseno, 2007: 2-3)

b. Aliran seragam (*uniform flow*)

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

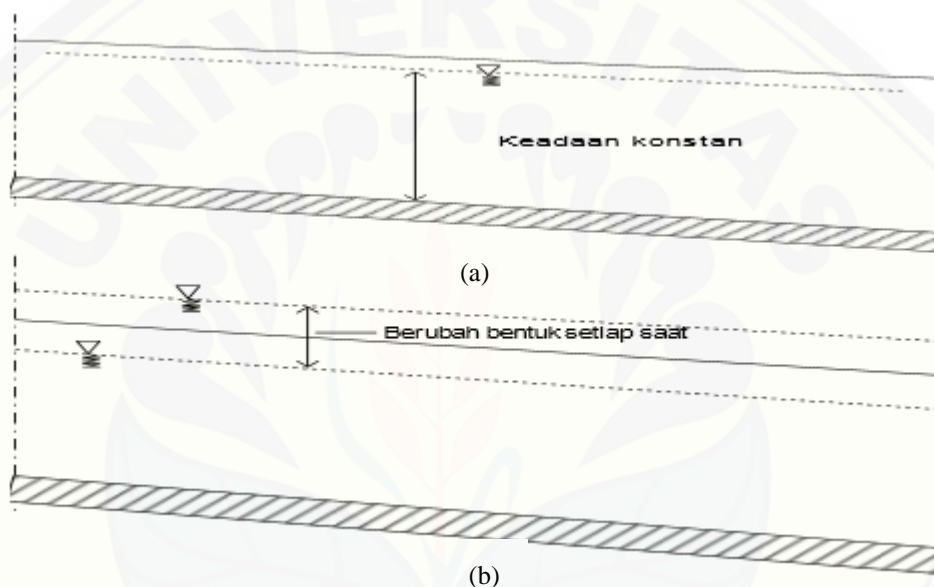
c. Aliran tak seragam (*varied flow*)

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

- 1) Aliran berubah beraturan (*gradually varied flow*), terjadi jika parameter hidraulis (kecepatan, tampang basah) berubah secara progresif dari satu tampang ke tampang yang lain. Ujung hilir saluran yang terdapat bendung

maka akan terbentuk profil muka air pembendungan dimana kecepatan aliran akan berkurang (diperlambat), sedangkan apabila terdapat terjunan maka profil aliran akan menurun dan kecepatan akan bertambah (dipercepat) contoh aliran pada sungai.

- 2) Aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*), terjadi jika parameter hidraulis berubah secara mendadak (saluran transisi), loncat air, terjunan, aliran melalui bangunan pelimpah dan pintu air.

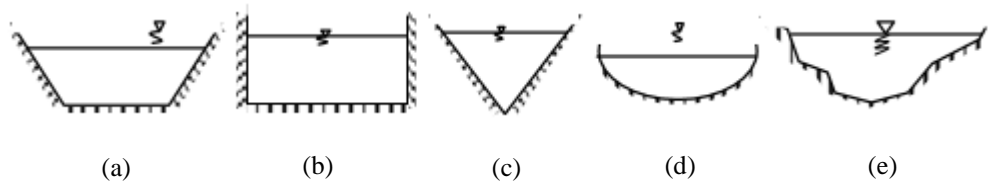


Gambar 2.1 (a) Aliran seragam (b) Aliran seragam tak tunak

(Harseno, 2007: 4)

2.1.2 Bentuk saluran

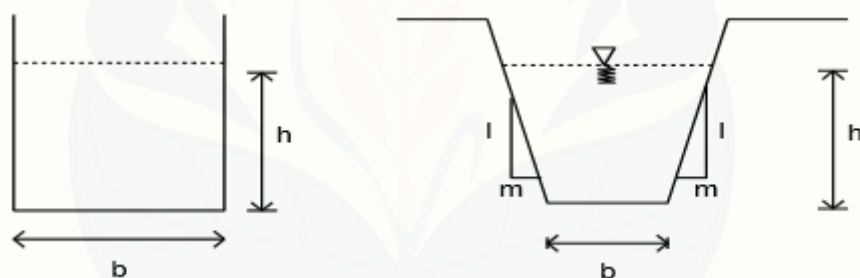
Bentuk penampang saluran terbuka memiliki berbagai macam seperti trapesium, persegi, segitiga, setengah lingkaran dan beraturan. Umumnya bentuk penampang aliran sungai berjenis tak beraturan. Bentuk penampang saluran dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut (Harseno, 2007: 5).



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

2.1.3 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 2.3.



Gambar 2.3 Geometri penampang persegi dan trapesium

$$\text{Luas } (A_n) = b h$$

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

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

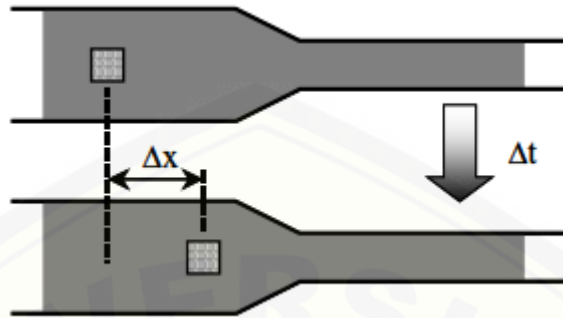
dengan b = lebar dasar saluran dan h = kedalaman air

(Harseno, 2007: 5)

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

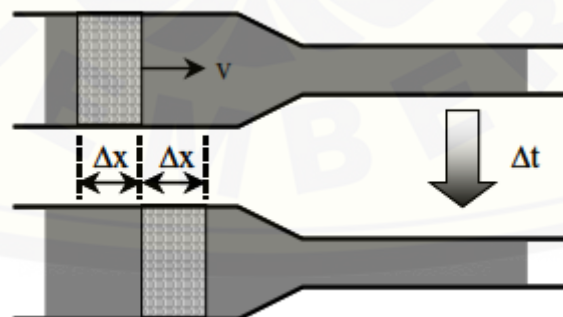
selang waktu Δt mempunyai persamaan kecepatan aliran fluida $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Selama selang waktu Δt , elemen dalam fluida berpindah sejauh Δx
(Abdullah, 2007: 262-262)

2.3 Debit Air

Debit air adalah jumlah air yang mengalir dari suatu penampang tertentu (sungai, air terjun, saluran, mata air) persatuan waktu atau dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/s). Debit air biasa juga disebut dengan kuatitas air yang mengalir, volume air yang mengalir atau suplai air yang mengalir, yang mana debit air ini berbeda-beda dalam penggunaannya. Pengetahuan tentang jumlah air ini akan memberi keuntungan karena kita dapat mengoptimumkan penggunaan air.



Gambar 2.5 Elemen fluida berupa silinder dengan ketebalan Δx berpindah sejauh Δx selama selang waktu Δt

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

$$\Delta V = A_{\hat{n}} v \Delta t \quad (2.3)$$

Debit air yang mengalir pada suatu penampang saluran dinyatakan dengan:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{A_{\hat{n}} v \Delta t}{\Delta t}$$
$$Q = v A_{\hat{n}} \quad (2.4)$$

dengan : Q = debit air (m^3/s) ;

v = laju aliran air (m/s) ;

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

(Abdullah, 2007: 262-263)

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

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.

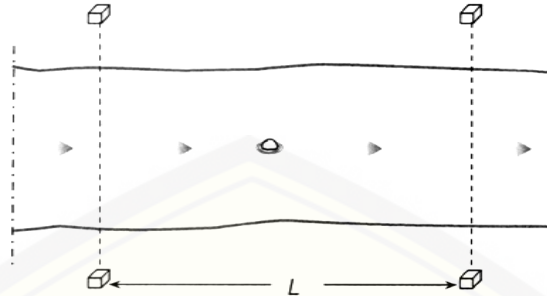
Pengukuran luas tampang aliran dilakukan dengan mengukur tinggi muka air dan lebar dasar alur sungai. Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti, pengukuran tinggi muka air dapat dilakukan pada beberapa titik pada sepanjang tampang aliran. Selanjutnya debit aliran dihitung sebagai penjumlahan dan semua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

a. Pengukuran laju arus dengan pelampung

Pengukuran laju aliran dengan menggunakan pelampung dapat dilakukan apabila dikehendaki besaran kelajuan aliran dengan tingkat ketelitian yang relatif rendah. Cara ini masih dapat digunakan untuk praktek dalam keadaan kondisi sungai yang sangat sulit diukur dikarenakan kelajuan aliran sungai terlalu tinggi. Cara pengukuran adalah dengan prinsip mencari besarnya waktu yang diperlukan untuk Bergeraknya pelampung pada sepanjang perpindahan tertentu. Selanjutnya kecepatan rerata arus didekati dengan nilai perpindahan 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 nilai 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) Kelajuan arus dapat dihitung dengan L/T (m/det).



Gambar 2.6 Pengukuran kecepatan arus dengan pelampung

(Harto, 1993: 204-206)

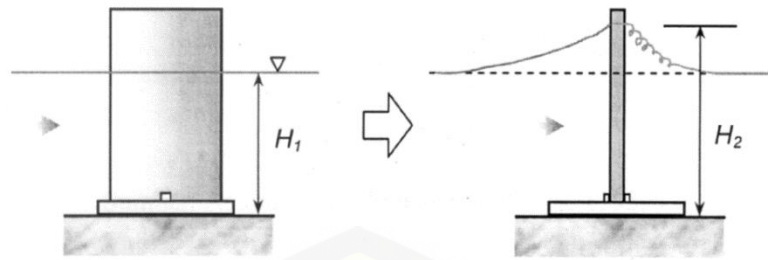
Perlu mendapat perhatian bahwa cara ini akan mendapatkan kelajuan arus pada permukaan, sehingga untuk memperoleh kecepatan rerata pada penampang sungai hasil hitungan perlu dikoreksi dengan koefisien antara 0,85-0,95. Pengukuran dengan cara ini harus dilakukan beberapa kali mengingat distribusi aliran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

b. Pengukuran kecepatan arus dengan *Velocity Head Rod*

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

- 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:

$$v = \sqrt{2g} \times \sqrt{(H_2 - H_1)} \quad (2.4)$$



Gambar 2.7 Pengukuran kecepatan ants dengan *Velocity Head Rod*

(Harto, 1993: 206)

c. Pengukuran kelajuan arus dengan Sensor *Flow Water*

1) Arduino Uno

Arduino UNO adalah arduino board yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino UNO memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset (Arif, 2015: 89).

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



Gambar 2.8 Arduino Uno

2) *Flow Sensor*

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



Gambar 2.9 *Flow Sensor Water*

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

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 Persamaan Kontinuitas

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

Dalam satuan volume :

$$dQ = v \, dA_{\hat{n}} \left(\frac{m^3}{s} \right) \quad (2.6)$$

dimana $dA_{\hat{n}}$ adalah differensial dari luasan penampang (m^2) dan v adalah kelajuan aliran $\frac{m}{s}$. Bila dinyatakan dalam satuan berat :

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

dan bila dalam satuan massa :

$$dm = \rho \left(\frac{Kg \, s^2}{m^4} \right) dQ \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

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

$$Q = \int v \, dA_{\hat{n}} \quad (2.7)$$

kelajuan rata-rata dari suatu penampang yang dilalui

$$v = \frac{Q}{A_{\hat{n}}} \text{ atau } Q = A_{\hat{n}} \, v \quad (2.8)$$

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

$$dQ = v_1 \, dA_{\hat{n}1} = v_2 \, dA_{\hat{n}2} = v_n \, dA_{\hat{n}} = Constant \quad (2.9)$$

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

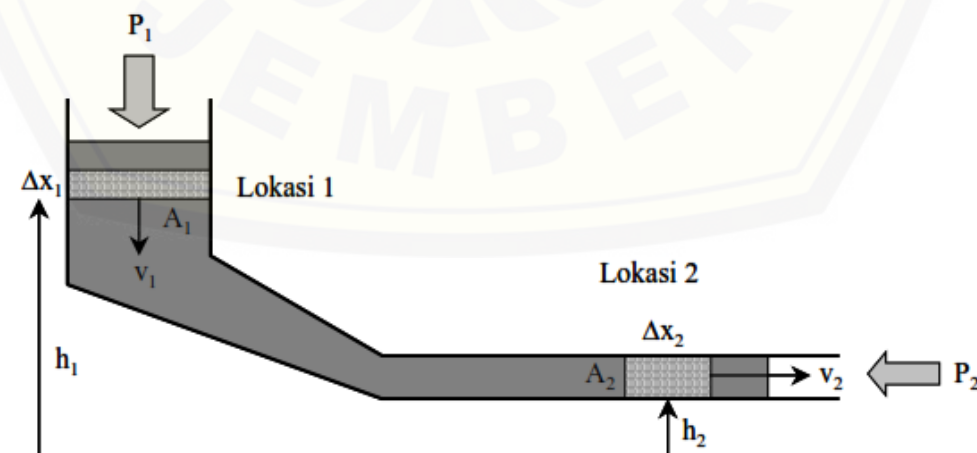
$$Q = v_1 A_{\hat{n}1} = v_2 A_{\hat{n}2} = \text{Constant} \quad (2.10)$$

(Suharto, 1991: 55-56)

2.6 Hukum Bernoulli

Salah satu hukum dasar dalam menyelesaikan persoalan fluida bergerak adalah hukum 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, kelajuan 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 kecepatan fluida dalam suatu pipa maka tekanan yang dihasilkan akan semakin kecil, dan sebaliknya semakin kecil kecepatan fluida dalam suatu fluida maka tekanan yang dihasilkan akan semakin besar. Sebagaimana lazimnya, untuk menurunkan hukum Bernoulli dapat dilihat pada melalui ilustrasi Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Ilustrasi untuk menurunkan hukum Bernoulli

Elemen fluida pada lokasi 1

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

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

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

Elemen fluida pada lokasi 2

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

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

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

Elemen pada lokasi 1 dikenai gaya non konservatif $\mathbf{F}_1 = P_1 \mathbf{A}_{\hat{n}1}$ dan berpindah sejauh $\Delta \mathbf{x}_1$ 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 $\Delta \mathbf{x}_2$ 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

$$W = W_1 + W_2 = P_1 \Delta V - P_2 \Delta V = (P_1 - P_2) \Delta V \quad (2.11)$$

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

$$\Delta EM = EM_2 - EM_1$$

$$\Delta EM = \left(\frac{1}{2} \rho \Delta V v_2^2 + \rho \Delta V g h_2 \right) - \left(\frac{1}{2} \rho \Delta V v_1^2 + \rho \Delta V g h_1 \right) \quad (2.12)$$

Berdasarkan prinsip usaha energi, usaha oleh gaya non konservatif sama dengan perubahan energi mekanik benda. Dengan menggunakan persamaan (2.11) dan (2.12) didapatkan

$$W = \Delta EM$$

$$(P_1 - P_2) \Delta V = \left(\frac{1}{2} \rho \Delta V v_2^2 + \rho \Delta V g h_2 \right) - \left(\frac{1}{2} \rho \Delta V v_1^2 + \rho \Delta V g h_1 \right) \quad (2.13)$$

Hilangkan ΔV pada kedua ruas persamaan (2.13) sehingga diperoleh

$$\begin{aligned}(P_1 - P_2) &= \left(\frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2\right) - \left(\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1\right) \\ P_1 - P_2 &= \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 - \rho g h_1 \\ P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 &= P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2\end{aligned}\quad (2.14)$$

Persamaan dikenal dengan **Hukum Bernoulli**.

(Abdullah, 2007: 266-268)

2.7 Potensi Energi Mikro Hidro

Potensi tenaga air dan pemanfaatannya pada umumnya sangat berbeda bila dibandingkan dengan penggunaan tenaga lain. Sumber tenaga air secara teratur dibangkitkan kembali karena adanya pemanasan sinar matahari. Sehingga sumber tenaga air merupakan sumber yang dapat diperbaharui. Potensi secara keseluruhan tenaga air relatif kecil bila dibandingkan dengan jumlah sumber bahan bakar fosil. Penggunaan tenaga air merupakan pemanfaatan multiguna, karena dikaitkan dengan irigasi, pengendalian banjir, perikanan darat, dan pariwisata.

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

$$\begin{aligned}P &= \frac{E_p}{\Delta t} \\ P &= \frac{m \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}}{\Delta t} \\ P &= \frac{\rho V \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}}{\Delta t} \\ P &= \rho Q \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}\end{aligned}\quad (2.15)$$

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

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

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

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

$$P = \frac{1}{2} \rho Q v^2 \quad (2.16)$$

dimana : P = daya terbangkitkan (Watt)

v = kecepatan (m/s)

m = massa (kg)

ρ = massa jenis air = 1000 kg/m³

V = volume (m³)

g = gravitasi = 9,81 m²/s

Q = debit (m³/s)

h = ketinggian jatuhnya air (m)

(Ridwan, 2010: 8)

2.8 Lembar Kerja Siswa

Lembar Kegiatan Siswa (LKS) memuat sekumpulan kegiatan mendasar yang harus dilakukan oleh siswa untuk memaksimalkan pemahaman dalam upaya pembentukan kemampuan dasar sesuai indikator pencapaian hasil belajar yang harus ditempuh. Lembar Kerja Siswa (LKS) digunakan oleh guru untuk mempermudah siswa untuk mengetahui lebih banyak dan memahami materi atau informasi yang disampaikan oleh guru/pendidik (Trianto, 2009: 222).

Pendapat lain yang sejalan tentang LKS yaitu Suyanto *et al* (2011: 2), yang menyatakan bahwa LKS merupakan lembaran yang dikerjakan siswa yang berisi prosedur melakukan percobaan, mengidentifikasi bagian bagian, membuat tabel, melakukan pengamatan, menggunakan mikroskop atau alat pengamatan lainnya dan menuliskan atau menggambar hasil pengamatannya, melakukan pengukuran dan mencatat data hasil pengukurannya, menganalisis data hasil pengukuran, dan menarik kesimpulan. Untuk mempermudah siswa melakukan proses-proses belajar, digunakanlah LKS. Prastowo (2012, 209-211), menjabarkan berbagai bentuk dari lembar kerja siswa (LKS), antara lain :

a. LKS yang membantu peserta didik menemukan suatu konsep

Bentuk lembar kegiatan siswa (LKS) ini dirancang menurut prinsip konstruktivisme dimana siswa secara aktif dalam pembelajaran untuk mengkonstruksi berbagai macam konsep yang berkaitan dengan materi. Melalui lembar kerja siswa (LKS) siswa ditunjukkan langkah demi langkah apa yang harus dilakukan dalam pembelajaran meliputi melakukan mengamati dan menganalisis terhadap konsep dan materi yang disajikan.

b. LKS membantu peserta didik menerapkan dan mengintegrasikan berbagai konsep yang telah ditemukan

Bentuk lembar kegiatan (LKS) jenis ini mengutamakan agar materi yang telah dipelajari siswa agar dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. LKS ini sangat tepat digunakan sebagai bahan ajar tentang pendidikan moral dimana siswa akan lebih memahami pentingnya materi yang telah dipelajari dan bermanfaat bagi kehidupan yang dijalani. Penting bagi guru untuk terus melakukan pengawasan terhadap bagaimana siswa mampu menerapkan materi yang dipelajari dalam keseharian biasanya LKS dilengkapi dengan laporan kegiatan siswa.

c. LKS yang membantu peserta didik dalam proses belajar

LKS menunjukkan siswa agar dapat belajar dengan benar sesuai dengan urutan materi sehingga peserta didik dapat mempelajari materi dengan baik. LKS juga berisi pertanyaan-pertanyaan yang jawabannya terdapat dalam sumber belajar yang digunakan sehingga peserta didik harus mempelajari sumber belajar agar menguasai materi. LKS jenis ini juga sangat cocok untuk keperluan umum.

d. LKS yang berfungsi sebagai penguatan

LKS untuk penguatan ini berisi materi-materi yang bersifat sebagai pendalaman atau tambahan dari materi utama. Dengan menggunakan LKS ini peserta didik atau siswa tentu akan lebih memahami dan mengerti materi yang dipelajari, siswa juga mendapatkan materi dan pengetahuan ekstra disamping materi yang telah dipelajari, siswa juga mendapatkan materi pengetahuan ekstra disamping materi yang telah dipelajari. Lembar kegiatan siswa (LKS) ini sangat cocok diterapkan pada materi pengayaan.

e. LKS sebagai petunjuk praktikum

Dapat dituangkan dalam lembar kegiatan siswa (LKS). LKS jenis ini tentu berisi apa-apa saja atau langkah-langkah dalam melakukan sebuah praktikum. Semua praktikum dapat dikumpulkan dalam sebuah lembar kegiatan siswa kegiatan siswa (LKS) jadi dalam sebuah lembar kegiatan siswa (LKS), jadi dalam satu bendel LKS dapat berisi beberapa petunjuk praktikum sekaligus. Guru akan lebih mudah menyajikan materi praktikum melalui LKS dan siswa juga lebih mudah menemukan apa yang dipelajari dari praktikum bahkan mencari korelasi antara praktikum satu dengan lainnya.

2.9 Rancangan Lembar Kerja Siswa Fluida Dinamis Berbasis Kontekstual

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

Pembelajaran kontekstual atau *contextual teaching learning* (CTL) adalah pembelajaran yang memungkinkan para siswa mampu menguatkan, memperluas dan menerapkan pengetahuan dan ketrampilan akademik mereka dalam berbagai macam tatanan dalam sekolah maupun luar sekolah, agar dapat memecahkan masalah-masalah dunia nyata atau masalah yang disimulasikan. Sedangkan menurut Trianto (2007 : 101), pengajaran dan pembelajaran kontekstual merupakan suatu konsepsi yang membantu guru mengaitkan konten mata pelajaran dengan situasi dunia nyata dan memotivasi siswa membuat hubungan antara pengetahuan dan penerapannya dalam kehidupan mereka sebagai anggota

keluarga, warga negara dan tenaga kerja. Menurut Nurhadi (2004 : 31), penerapan pembelajaran kontekstual di dalam kelas harus berdasarkan tujuh komponen utama, yaitu: konstruktivisme (*constructivism*), bertanya (*questioning*), menemukan (*inquiry*), masyarakat belajar (*learning community*), pemodelan (*modeling*), refleksi (*reflection*), dan penilaian sebenarnya (*authentic assessment*). Jika suatu kelas menerapkan tujuh komponen tersebut maka dapat dikatakan bahwa kelas tersebut menggunakan pendekatan kontekstual.

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

BAB 3. METEDOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif ini bersifat deduktif, berdasarkan teori/konsep yang bersifat umum diaplikasikan untuk menjelaskan tentang seperangkat data. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kematerian dinamika fluida pada aliran air terjun Damarwulan Ledokombo Kabupaten Jember sebagai bahan dalam merancang lembar kerja siswa 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 Damarwulan Ledokombo Kabupaten Jember. Pemilihan lokasi penelitian tersebut berdasarkan atas pertimbangan sebagai berikut :

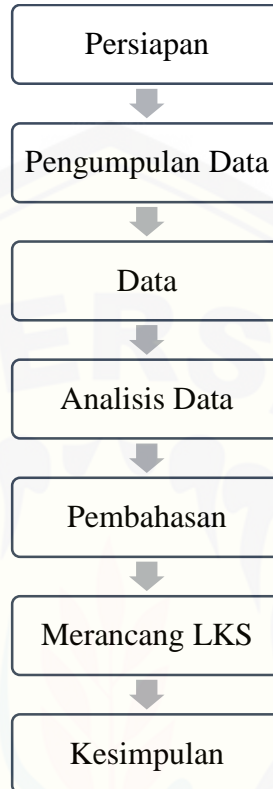
- a. Area air terjun damarwulan yang luas dan memiliki tiga air terjun memudahkan peneliti dalam mencari menentukan titik-titik pengukuran
- b. Arus air yang cukup deras mempermudah kejelasan nilai kecepatan air yang diukur
- c. Lokasi tersebut mudah dijangkau sehingga mempermudah dalam penelitian.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan juli tahun ajaran 2017, setelah proposal ini diuji dan disetujui oleh penguji dan pembimbing.

3.3 Alur Penelitian

Penelitian ini memiliki alur sebagai berikut:



Gambar 3.1 Bagan alur penelitian

3.4 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.

3.4.1. 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 Damarwulan Ledokombo 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. Permodelan titik-titik pengukuran dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 3.2 Air Terjun Damarwulan Ledokombo kabupaten Jember (a) Aliran sungai (b) Air terjun

Observasi dilakukan untuk mengumpulkan data primer agar dapat dianalisis dalam penelitian ini. Pengukuran pada titik pertama dilakukan sepanjang aliran sungai air terjun Damarwulan dengan mengumpulkan data berupa kedalaman (s), lebar penampang sungai (d), panjang aliran yang digunakan (l), luas penampang (A), laju aliran air (v), volume air (V), debit (Q), energi kinetik (E_k) dan potensi mikrohidro (P) yang dihasilkan. Pengukuran pada titik kedua dilakukan pada air terjun dengan mengumpulkan data berupa volume (V) dan luas penampang (A) bak/emper yang digunakan, debit (Q) pada air terjun, ketinggian jatuhnya air terjun (h), kecepatan jatuhnya air terjun (v), energi potensial (E_p), energi kinetik (E_k) dan besar potensi energi mikrohidro (P). Setelah data primer dari observasi diperoleh kemudian akan di *cross check* dengan data sekunder hasil perhitungan matematis.

3.4.2. Alat dan Bahan Penelitian

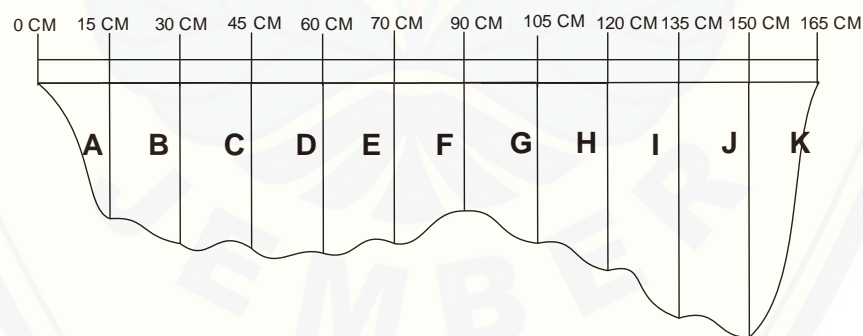
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- Arduino dilengkapi sensor *flow water*, untuk mengukur kecepatan arus air dan debit.
- Alat pengukur ketinggian air terjun menggunakan konsep trigonometri, untuk mengukur ketinggian air terjun.
- Penggaris 1 meter, untuk mengukur kedalaman air.
- Meteran, untuk mengukur panjang dan lebar sungai.
- Kamera digital, untuk mendokumentasikan pelaksanaan penelitian.
- Laptop, untuk kompilasi dan analisis data.

3.4.3. Langkah Pengukuran

Terdapat 4 langkah pengukuran berbeda pada penelitian ini, antara lain :

- Pengukuran kecepatan pada luas penampang berbeda
 - Menentukan area aliran sungai yang memiliki luas penampang berbeda
 - Mengukur lebar (d), panjang (l) dan kedalaman (s) sungai menggunakan pendekatan trapesium untuk kemudian dihitung luas penampang (A) aliran sungai



Gambar 3.3 permodelan pengukuran luas penampang sungai

Menentukan luas penampang menggunakan pendekatan integral trapesium

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

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

- Mengukur arus air (v) pada tiap luas penampang yang telah diukur menggunakan sensor *flow water*

4. Melakukan cross cek matematis menggunakan rumus debit

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 \\ A_1 v_1 &= A_2 v_2 \end{aligned} \quad (3.1)$$

5. Mencatat data hasil penelitian pada tabel 3.1 dan 3.2

b. Pengukuran ketinggian dan kecepatan pada air terjun

1. Mengukur ketinggian air terjun menggunakan aplikasi altimeter
2. Menghitung besar kecepatan (v) aliran air terjun ketika jatuh menggunakan rumus gerak jatuh bebas :

$$v = \sqrt{2g} \times \sqrt{h} \quad (3.3)$$

3. Melakukan croscek data pada rumus hukum Bernoulli :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (3.4)$$

4. Mencatat data hasil penelitian pada tabel 3.3 dan 3.4

c. Pengukuran potensi mikrohidro

1. Mengukur ketinggian (h) air terjun menggunakan aplikasi altimeter
2. Menghitung besar kecepatan (v) aliran air terjun ketika jatuh menggunakan rumus gerak jatuh bebas :

$$v = \sqrt{2g} \times \sqrt{h} \quad (3.5)$$

3. Mengukur sampel debit air terjun dengan ember luasan penampang (A) sebesar $0,1 \text{ m}^2$.
4. Menghitung debit air terjun menggunakan rumus

$$Q = A_n \cdot v \quad (3.6)$$

5. Menghitung potensi energi mikrohidro menggunakan rumus energi potensial dan energi kinetik

$$P = \rho Q g \cdot h \quad \& \quad P = \frac{\rho Q v^2}{2} \quad (3.7)$$

6. Mencatat data hasil penelitian pada tabel 3.5

3.5 Teknik Analisis Data

Penyajian data merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan agar data dapat dipahami dan dianalisis sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Data hasil pengukuran yang telah diperoleh berdasarkan observasi lapangan akan diolah dan dianalisis untuk menjawab pertanyaan pada rumusan masalah. Adapun data yang diperoleh dari penelitian dimasukkan ke dalam tabel seperti berikut :

Tabel 3.1 Pengukuran kecepatan dan luas penampang

No	Penampang	lebar penampang (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Kecepatan (cm/s)	Debit (cm ³ /s)
1					
		Rata-rata			
2					
		Rata-rata			

Tabel 3.2 Pengukuran ketinggian dan kecepatan pada air terjun

Air Terjun	g (m/s ²)	\bar{h} (m)	$\Delta\bar{h}$ (m)	$v_{\text{air terjun}}$ (m/s)	Δv (m/s)
A					
B					

Tabel 3.3 Pengukuran potensi mikrohidro melalui tinjauan energi kinetik

Air Terjun	Debit (m ³ /s)	Kecepatan (m/s)	Gravitasi (m/s ²)	Massa jenis air (kg/m ³)	Potensi Mikrohidro (W)
A					
B					

Tabel 3.4 Pengukuran potensi mikrohidro melalui tinjauan energi kinetik

Air Terjun	Debit (m ³ /s)	Ketinggian (m)	Gravitasi (m/s ²)	Massa jenis air (kg/m ³)	Potensi Mikrohidro (W)
A					
B					

Data-data tersebut kemudian dianalisis untuk mengkaji fluida dinamis pada titik pengukuran yang sudah ditentukan. Hasil kajian ini kemudian

digunakan untuk mendeskripsikan rancangan lembar kerja siswa fisika kontekstual yang sesuai dengan pembelajaran di Sekolah Menengah Atas (SMA).

Deskripsi rancangan lembar kerja siswa kontekstual ini akan meliputi materi, contoh soal dan latihan soal. Melalui lembar kerja siswa (LKS) 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 Damarwulan Ledokombo dijadikan sebagai acuan dan akan disinkronkan kedalam isi materi, contoh soal dan latihan soal pada rancangan lembar kerja siswa kontekstual. Rancangan lembar kerja siswa kontekstual materi dinamika fluida ini terdapat 4 pokok bahasan yang akan dibuat yaitu kecepatan aliran dan debit, asas kontinuitas, gerak jatuh bebas dan asas Bernoulli, dan potensi energi mikrohidro.

3.6 Desain Rancangan Lembar Kerja Siswa

DESAIN RANCANGAN LEMBAR KERJA SISWA (LKS) FISIKA	
MATERI DINAMIKA FLUIDA KELAS XI SMA	
1. Materi
2. Soal
3. Contoh Soal

Gambar 3.5 Desain rancangan lembar kerja siswa

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dapat diberikan adalah :

- a. Hasil kajian dinamika fluida pada aliran air terjun Damarwulan yakni : 1) kecepatan aliran berbanding terbalik terhadap luas penampang sungai hal ini sesuai dengan hukum kontinuitas. 2) kecepatan jatuhnya air berbanding lurus terhadap ketinggian air terjun hal ini sesuai dengan prinsip gerak jatuh bebas dan hukum Bernoulli. 3) besarnya potensi mikrohidro dipengaruhi oleh debit, kecepatan dan ketinggian air terjun.
- b. Materi yang terdapat dalam rancangan lembar kerja siswa meliputi kecepatan aliran dan debit, asas kontinuitas, gerak jatuh bebas dan hukum Bernoulli, serta potensi mikrohidro.

5.2 Saran

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

- a. Bagi peneliti dapat dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut pada pendidikan S2.
- b. Bagi guru dapat dijadikan sebagai rujukan bahan ajar kontekstual untuk materi dinamika fluida pada pembelajaran fisika di SMA.
- c. Bagi peneliti lain dapat dijadikan sebagai sumber rujukan dalam melaksanakan penelitian terkait kematerian dinamika fluida kontekstual pada air terjun dengan memperhatikan hasil kelemahan penelitian yang ada pada saat pengukuran debit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. 2007. *Fisika Dasar 1*. Bandung: ITB.
- Arif. 2015. Perancangan sistem informasi debit air berbasis arduino uno. *Jurnal Singida ENSIKOM*. 13 (36) : 89-95.
- Brahim, K. T. 2007. Peningkatan hasil belajar sains siswa kelas iv sekolah dasar, melalui pendekatan pemanfaatan sumber daya alam hayati di lingkungan sekitar. *Jurnal Pendidikan Penabur*. 09 (6) : 37-49.
- Fathiah, I. Kaniawati, dan S. Utari. 2015. Analisis didaktik pembelajaran yang dapat meningkatkan korelasi antara pemahaman konsep dan kemampuan pemecahan masalah siswa sma pada materi fluida dinamis. *JPPPF - Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*. 1 (1): 111-118.
- Frank. 1991. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday. 2010. *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Harseno. 2007. Studi eksperimental aliran berubah beraturan pada saluran terbuka bentuk prismatis. *Jurnal Ilmiah UKRIM*. 2 (XII) : 1-26.
- Harto. 1984. *Mengenal Dasar Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- Hobri. 2010. *Metodologi Penelitian Pengembangan [Aplikasi Pada penelitian Pendidikan Matematika]*. Jember: Pena Salsabila.
- 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*. 1 (2): 1-24.
- Marlina, R. 2013. Pemanfaatan lingkungan lokal dalam laboratorium berbasis inkuiri terhadap kerja ilmiah mahasiswa calon guru biologi. *Jurnal Visi Ilmu Pendidikan*. 10 (1) : 1052-1060.
- Noor dan Wilujeng. 2015. Pengembangan ssp fisika berbasis pendekatan ctl untuk meningkatkan keterampilan proses sains dan motivasi belajar. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*. 1 (1) : 73-85.
- Nurhadi. 2004. *Pembelajaran Kontekstual dan Penerapannya dalam KBK*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Prastowo. 2012. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.
- Rachmad. 2004. *Hidrologi*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.

- Ranald. 1993. *Mekanika Fluida & Hidraulika*. Jakarta: Erlangga.
- Ridwan. 2010. Survey potensi pembangkit listrik tenaga mikro hidro di kuta malaka kabupaten aceh besar propinsi nanggroe aceh darussalam. *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*. 01 (1) : 5-12.
- Risnawati, I. Kaniawati, dan R. Efendi. 2013. Efektivitas penerapan model pembelajaran inkuiri berbasis fisika outdoor dengan menggunakan modul kontekstual untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada materi fluida dinamis. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*. 1 (1) : 66-75.
- Sajidan. 2014. Pembelajaran Biologi dengan Pendekatan Saintifik pada Implementasi Kurikulum 2013. *Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS* 11(1). 7 Juni 2014. 20-26.
- Sitepu, B. P. 2008. *Sumber Belajar Di Era Teknologi Informatika Dan Komunikasi*. Jakarta: BPK PENABUR.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Suharto. 1991. *Dinamika Dan Mekanika Untuk Perguruan Tinggi*. Jakarta: PT RINEKA CIPTA.
- Sukmadinata, Nana. 2012. *Kurikulum dan Pembelajaran Kompetensi*. Bandung : Refika Aditama.
- Susanti. 2013. Pengembangan perangkat pembelajaran fisika melalui pendekatan CTL untuk meminimalisir miskonsepsi fluida dinamis. *Jurnal Penelitian Pendidikan Sains*. 2 (2) : 224-230.
- Suyanto, S., Paidi, dan I. Wilujeng. 2011. *Lembar Kerja Siswa*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Theresia, W. 2013. *Penyusunan Lembar Kegiatan Siswa (LKS) sebagai Bahan Ajar*. Yogyakarta: PPPPTK Matematika.
- Trianto. 2007. *Model Pembelajaran Terpadu dalam Teori dan Praktik*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Trianto. 2009. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif Progresif*. Jakarta : Kencana Prenada Group.

LAMPIRAN A. Pengukuran kedalaman dan luas penampang pada area A**Crosscek Perhitungan Matematis Pengukuran debit :**

- Debit pada A1

$$Q_1 = A_1 v_1$$

$$Q_1 = 9.705 \text{ cm}^2 \cdot 9,3 \text{ cm/s}$$

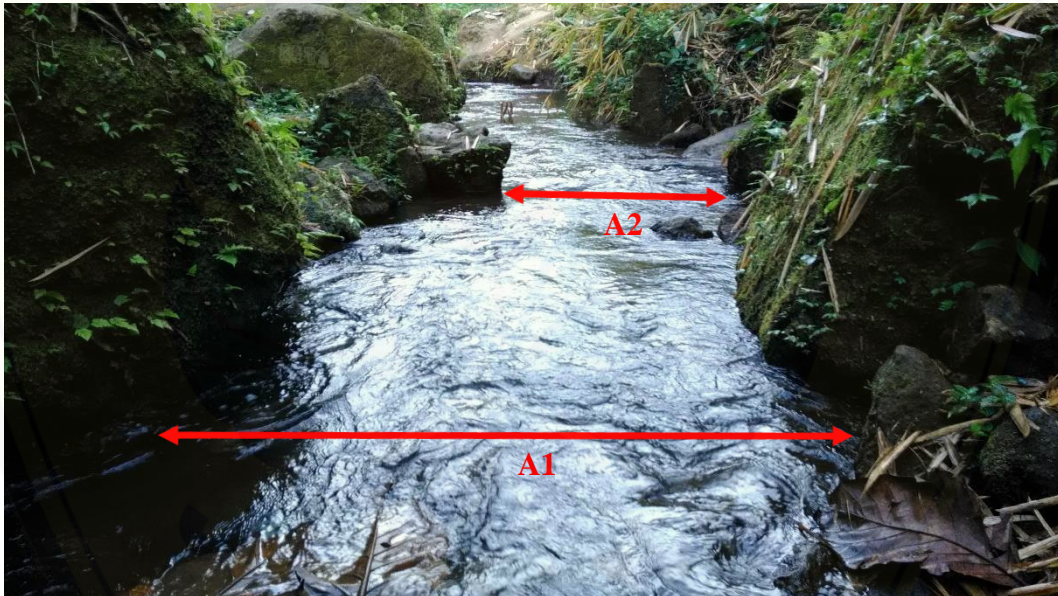
$$Q_1 = 90.265,5 \text{ cm}^3/\text{s}$$

- Debit pada A2

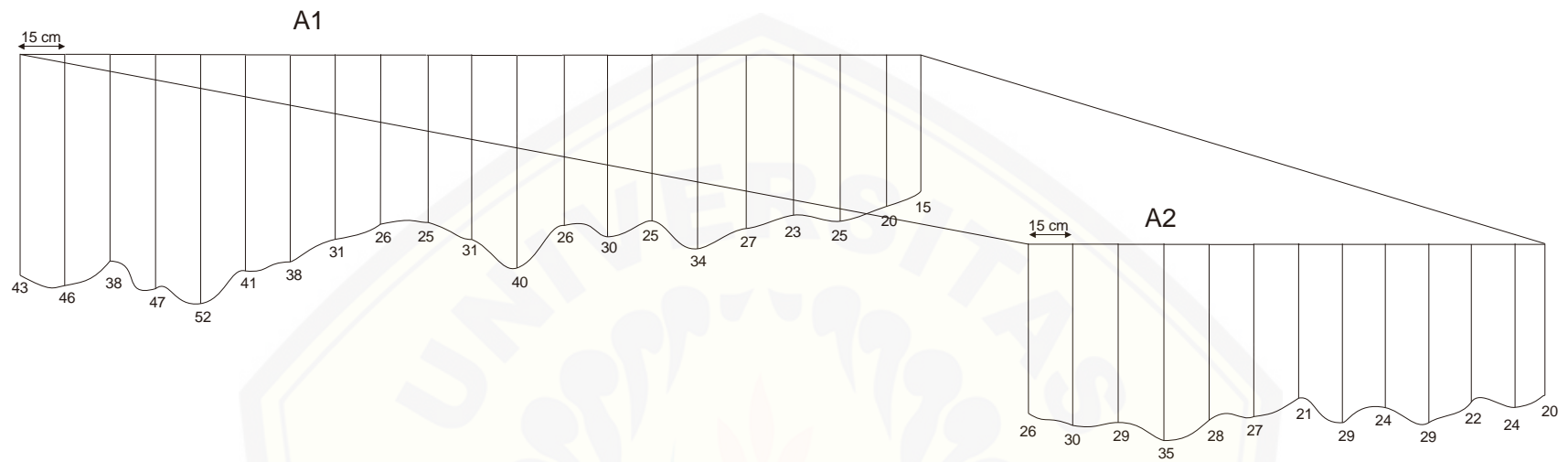
$$Q_2 = A_2 v_2$$

$$Q_2 = 4.705 \text{ cm}^2 \cdot 18,7 \text{ cm/s}$$

$$Q_2 = 87.983,5 \text{ cm}^3/\text{s}$$



Gambar A.1 Area pengukuran luas penampang A



Gambar A.2 Permodelan bentuk penampang sungai pada area A

Tabel A.1 Data kedalaman aliran air pada area A

No	Lebar penampang A1 (cm)		Kedalaman Penampang A1 (cm)		Luas Penampang A1 (cm ²)		Lebar penampang A2 (cm)		Kedalaman Penampang A2 (cm)		Luas Penampang A2 (cm ²)	
	l	Δl	h	Δh	A	ΔA	L	Δl	h	Δh	A	ΔA
1	-	-	43	-	-	-	-	-	26	-	-	-
2	15	0,05	46	0,05	667,5	2,6	15	0,05	30	0,05	420	1,775
3	15	0,05	38	0,05	630	2,475	15	0,05	29	0,05	442,5	1,85
4	15	0,05	47	0,05	637,5	2,5	15	0,05	35	0,05	480	1,975
5	15	0,05	52	0,05	742,5	2,85	15	0,05	28	0,05	472,5	1,95
6	15	0,05	41	0,05	697,5	2,7	15	0,05	27	0,05	412,5	1,75
7	15	0,05	38	0,05	592,5	2,35	15	0,05	21	0,05	360	1,575
8	15	0,05	31	0,05	517,5	2,1	15	0,05	29	0,05	375	1,625
9	15	0,05	26	0,05	427,5	1,8	15	0,05	24	0,05	397,5	1,7
10	15	0,05	25	0,05	382,5	1,65	15	0,05	29	0,05	397,5	1,7
11	15	0,05	31	0,05	420	1,775	15	0,05	22	0,05	382,5	1,65
12	15	0,05	40	0,05	532,5	2,15	15	0,05	24	0,05	345	1,525
13	15	0,05	26	0,05	495	2,025	10	0,05	20	0,05	220	1,35
14	15	0,05	30	0,05	420	1,775						
15	15	0,05	25	0,05	412,5	1,75						
16	15	0,05	34	0,05	442,5	1,85						
17	15	0,05	27	0,05	457,5	1,9						
18	15	0,05	23	0,05	375	1,625						
19	15	0,05	25	0,05	360	1,575						
20	15	0,05	20	0,05	337,5	1,5						
21	9	0,05	15	0,05	157,5	1,1						
Σ	l ± Δl = (294 ± 0,05) cm				A ± ΔA = (9.705 ± 40) cm ²		l ± Δl = (175 ± 0,05) cm				A ± ΔA = (4.705 ± 20) cm ²	

Tabel A.2 Tabel pengukuran kecepatan menggunakan sensor *flow water*

No	A (cm ²)	Q1 (L/m)	v1 (cm/s)	Q2 (L/m)	v2 (cm/s)
1	1,8 ± 0,04	1	9,3 ± 0,02	2	18,7 ± 0,05
2		1	9,3 ± 0,02	2	18,7 ± 0,05
3		1	9,3 ± 0,02	2	18,7 ± 0,05
Rata-rata		1	9,3 ± 0,02	2	18,7 ± 0,05

Tabel A.3 Data debit aliran air pada area A

Penampang A1						Penampang A2					
v (cm/s)	Δv	A (cm ²)	ΔA	Q (cm ³ /s)	ΔQ	v (cm/s)	Δv	A (cm ²)	ΔA	Q (cm ³ /s)	ΔQ
9,3	0,02	9.705	40	90.265	566	18,7	0,05	4.705	20	87.983	609

LAMPIRAN B. Pengukuran kedalaman dan luas penampang pada area B**Crosscek Perhitungan Matematis Pengukuran debit :**

- **Debit pada B1**

$$Q_1 = A_1 v_1$$

$$Q_1 = 5.311 \text{ cm}^2 \cdot 18,7 \text{ cm/s}$$

$$Q_1 = 99.316 \text{ cm}^3/\text{s}$$

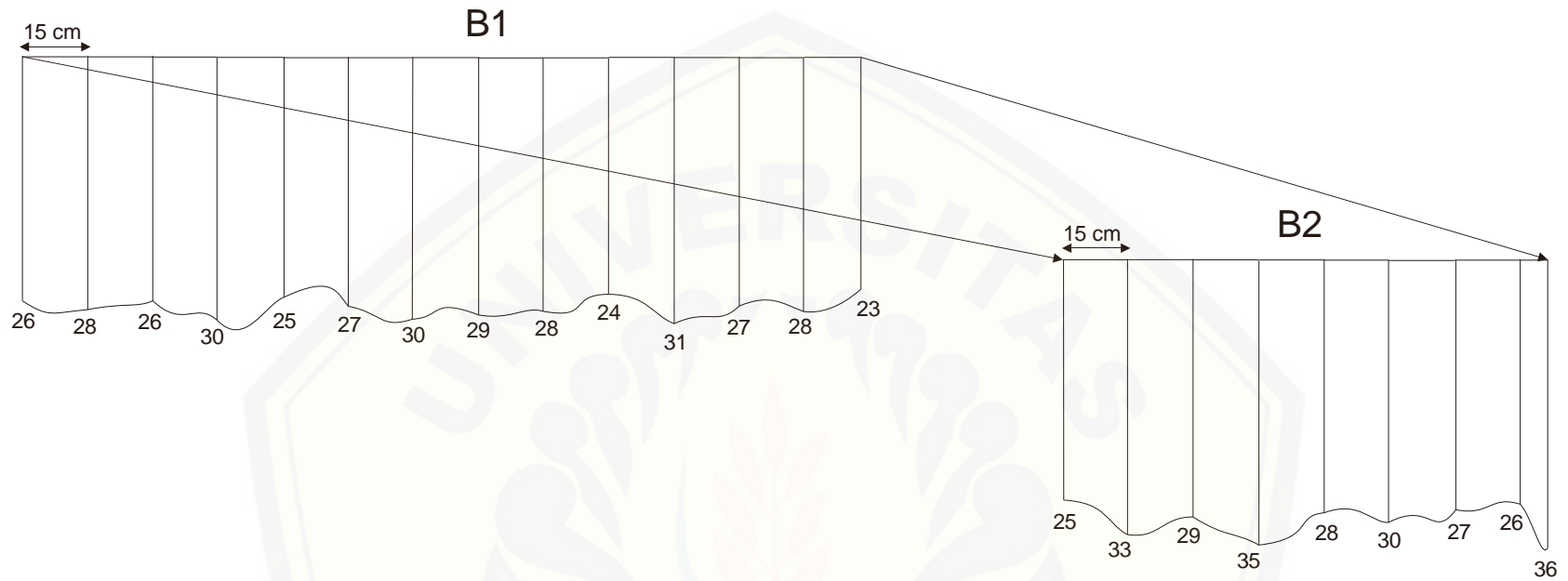
- **Debit pada B2**

$$Q_2 = A_2 v_2$$

$$Q_2 = 3.298 \text{ cm}^2 \cdot 28,1 \text{ cm/s}$$

$$Q_2 = 92.673,8 \text{ cm}^3/\text{s}$$

**Gambar B.1** Area pengukuran luas penampang B



Gambar B.2 Permodelan bentuk penampang sungai pada area B

Tabel B.1 Data kedalaman aliran air pada area B

No	Lebar penampang B1 (cm)		Kedalaman Penampang B1 (cm)		Luas Penampang B1 (cm ²)		Lebar penampang B2 (cm)		Kedalaman Penampang B2 (cm)		Luas Penampang B2 (cm ²)	
	l	Δl	H	Δh	A	ΔA	L	Δl	h	Δh	A	ΔA
1	-	-	26	-	-	-	-	-	25	-	-	-
2	15	0,05	28	0,05	405	1,725	15	0,05	33	0,05	435	1,825
3	15	0,05	26	0,05	405	1,725	15	0,05	29	0,05	465	1,925
4	15	0,05	30	0,05	420	1,775	15	0,05	35	0,05	480	1,975
5	15	0,05	25	0,05	412,5	1,75	15	0,05	28	0,05	472	1,95
6	15	0,05	27	0,05	390	1,675	15	0,05	30	0,05	435	1,825
7	15	0,05	30	0,05	427,5	1,8	15	0,05	27	0,05	427,5	1,8
8	15	0,05	29	0,05	442	1,85	15	0,05	26	0,05	397,5	1,7
9	15	0,05	28	0,05	427,5	1,8	6	0,05	36	0,05	186	1,7
10	15	0,05	24	0,05	390	1,675						
11	15	0,05	31	0,05	412,5	1,75						
12	15	0,05	27	0,05	435	1,825						
13	15	0,05	28	0,05	412,5	1,75						
14	13	0,05	23	0,05	331,5	1,6						
Σ	l ± Δl = (193,0 ± 0,05) cm				A ± ΔA = (5.311 ± 22) cm ²		l ± Δl = (111,0 ± 0,05) cm				A ± ΔA = (3.298 ± 14) cm ²	

Tabel B.2 Tabel pengukuran kecepatan menggunakan sensor *flow water*

No	A (cm ²)	Q1 (L/m)	v1 (cm/s)	Q2 (L/m)	v2 (cm/s)
1	1,8 ± 0,04	2	18,7 ± 0,05	3	28,1 ± 0,07
2		2	18,7 ± 0,05	3	28,1 ± 0,07
3		2	18,7 ± 0,05	3	28,1 ± 0,07
Rata-rata		2	18,7 ± 0,05	3	28,1 ± 0,07

Tabel B.3 Data debit aliran air pada area B

Penampang B1						Penampang B2					
v (cm/s)	Δv	A (cm ²)	ΔA	Q (cm ³ /s)	ΔQ	v (cm/s)	Δv	A (cm ²)	ΔA	Q (cm ³ /s)	ΔQ
18,7	0,05	5.311	22	99.316	668	28,1	0,07	3.298	14	92.674	624

LAMPIRAN C. Pengukuran kedalaman dan luas penampang pada area C**Crosscek Perhitungan Matematis Pengukuran debit :**

- Debit pada C1

$$Q_1 = A_1 v_1$$

$$Q_1 = 4.396 \text{ cm}^2 \cdot 28,1 \text{ cm/s}$$

$$Q_1 = 123.527,6 \text{ cm}^3/\text{s}$$

- Debit pada C2

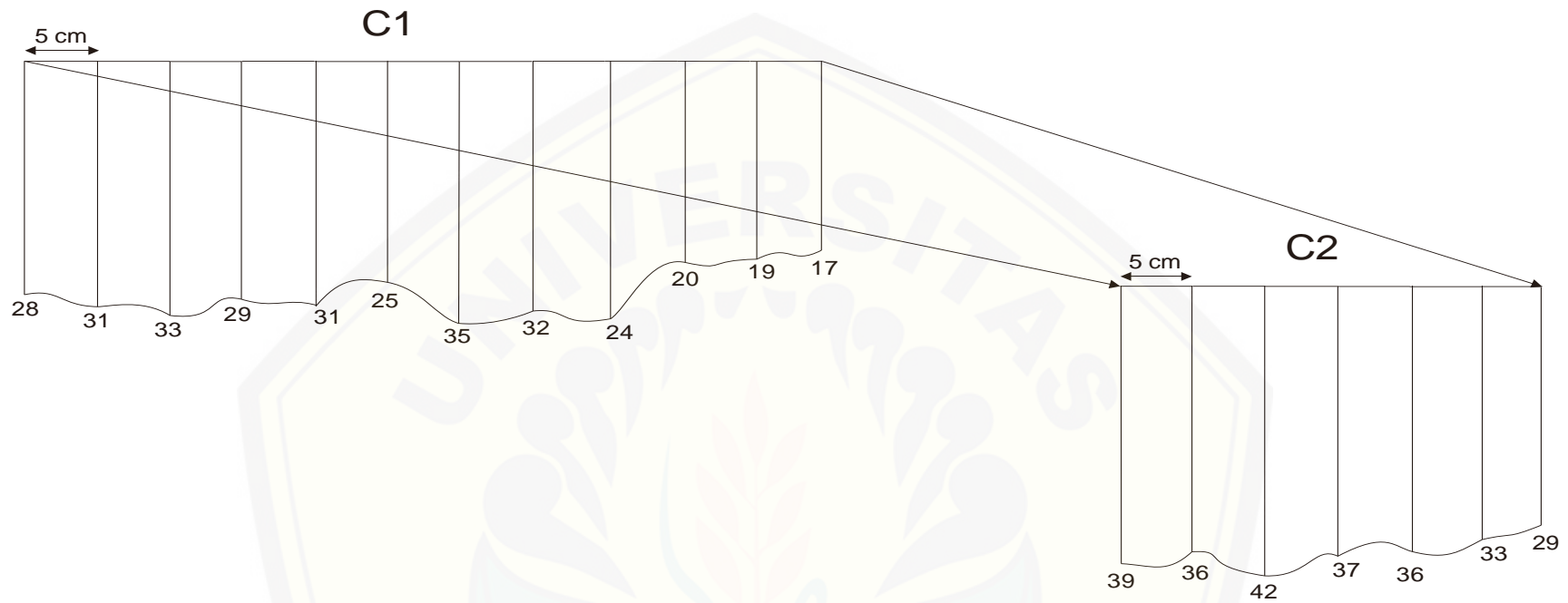
$$Q_2 = A_2 v_2$$

$$Q_2 = 3.146 \text{ cm}^2 \cdot 37,4 \text{ cm/s}$$

$$Q_2 = 117.660,4 \text{ cm}^3/\text{s}$$



Gambar C.1 Area pengukuran luas penampang C



Gambar C.2 Permodelan bentuk penampang sungai pada area C

Tabel C.1 Data kedalaman aliran air pada area C

No	Lebar penampang C1 (cm)		Kedalaman Penampang C1 (cm)		Luas Penampang C1 (cm ²)		Lebar penampang C2 (cm)		Kedalaman Penampang C2 (cm)		Luas Penampang C2 (cm ²)	
	l	Δl	h	Δh	A	ΔA	l	Δl	h	Δh	A	ΔA
1	-	-	28	-	-		-	-	39	-	-	
2	15	0,05	31	0,05	442,5	1,85	15	0,05	36	0,05	562,5	1,775
3	15	0,05	33	0,05	480	1,975	15	0,05	42	0,05	585	1,975
4	15	0,05	29	0,05	465	1,925	15	0,05	37	0,05	592,5	1,775
5	15	0,05	31	0,05	450	1,875	15	0,05	36	0,05	547,5	1,61
6	15	0,05	25	0,05	420	1,755	15	0,05	33	0,05	517,5	1,25
7	15	0,05	35	0,05	450	1,875	11	0,05	29	0,05	341	0,75
8	15	0,05	32	0,05	502,5	2,05						
9	15	0,05	24	0,05	420	1,775						
10	15	0,05	20	0,05	330	1,475						
11	15	0,05	19	0,05	292,5	1,35						
12	8	0,05	17	0,05	144	1,1						
Σ	l ± Δl = (158,0 ± 0,05) cm				A ± ΔA = (4.396 ± 19) cm ²		l ± Δl = (86,0 ± 0,05) cm				A ± ΔA = (3.146 ± 9) cm ²	

Tabel C.2 Tabel pengukuran kecepatan menggunakan sensor *flow water*

No	A (cm ²)	Q1 (L/m)	v1 (cm/s)	Q2 (L/m)	v2 (cm/s)
1	1,8 ± 0,04	3	28,1 ± 0,07	4	37,4 ± 0,09
2		3	28,1 ± 0,07	4	37,4 ± 0,09
3		3	28,1 ± 0,07	4	37,4 ± 0,09
Rata-rata		3	28,1 ± 0,07	4	37,4 ± 0,09

Tabel C.3 Data debit aliran air pada area C

Penampang C1						Penampang C2					
v (cm/s)	Δv	A (cm ²)	ΔA	Q (cm ³ /s)	ΔQ	v (cm/s)	Δv	A (cm ²)	ΔA	Q (cm ³ /s)	ΔQ
28,1	0,07	4.396	19	123.527	841	37,4	0,09	3.146	9	117.660	620

Lampiran D. Pengukuran ketinggian dan kecepatan aliran**Tabel D.1** Tabel pengukuran berulang ketinggian air terjun A

No	h _{atas} (mdpl)	h _{bawah} (mdpl)	h (m)
1	404		6
2	404		6
3	404	398	6
4	403		5
5	404		6
	\bar{h}		5,8
	$\Delta\bar{h}$		0,45

Tabel D.2 Tabel pengukuran berulang ketinggian air terjun B

No	h _{atas} (mdpl)	h _{bawah} (mdpl)	h (m)
1	416		3
2	416		3
3	416	403	3
4	416		3
5	417		4
	\bar{h}		3,2
	$\Delta\bar{h}$		0,45

Tabel D.3 Tabel ketinggian dan kecepatan aliran dengan persamaan gerak jatuh bebas

Air Terjun	g (m/s ²)	\bar{h} (m)	$\Delta\bar{h}$ (m)	v _{air terjun} (m/s)	Δv (m/s)
A		5,8	0,45	10,6	0,36
B	9,8	3,2	0,45	7,9	0,49

Perhitungan matematis kecepatan air terjun damarwulan A

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

$$v_A = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 5,8 \text{ m}}$$

$$v_A = \sqrt{113,68 \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$v_A = 10,6 \text{ m/s}$$

Perhitungan matematis kecepatan air terjun damarwulan B

$$v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_B}$$

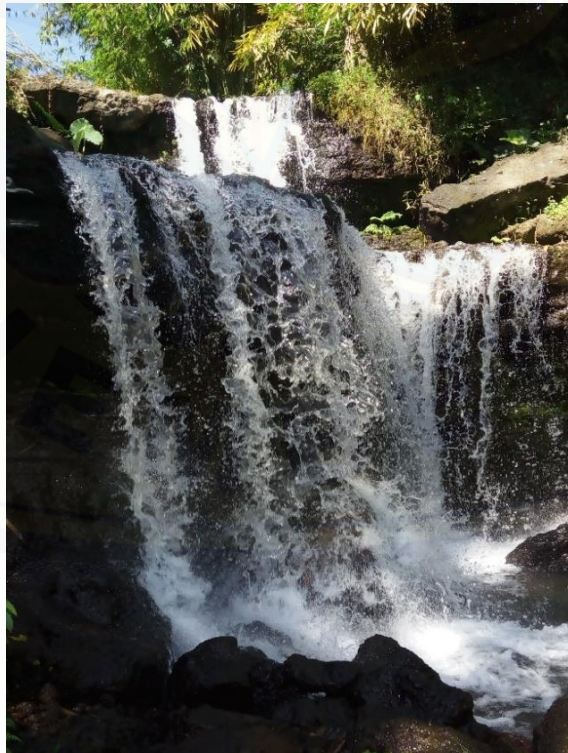
$$v_B = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 3,2 \text{ m}}$$

$$v_B = \sqrt{62,72 \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$v_B = 7,9 \text{ m/s}$$



Gambar D.1 Air terjun A pengukuran ketinggian dan kecepatan



Gambar D.2 Air terjun B pengukuran ketinggian dan kecepatan

Lampiran E. Pengukuran potensi mikrohidro**Tabel E.1** Tabel potensi mikrohidro melalui persamaan energi kinetik

Air Terjun	Q (m ³ /s)	v (m/s)	Δv (m/s)	g (m/s ²)	ρ_{air} (kg/m ³)	P (W)	ΔP (W)
A	1	10,6	0,36	9,8	1000	56.180	4.410
B	0,8	7,9	0,49			24.964	3.528

Perhitungan matematis potensi mikrohidro dengan persamaan energi kinetik

- **Air terjun Damarwulan A**

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

$$P = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot (10,6 \text{ m/s})^2}{2}$$

$$P = 56.180 \text{ W}$$

- **Air terjun Damarwulan B**

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

$$P = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,8 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot (7,9 \text{ m/s})^2}{2}$$

$$P = 24.964 \text{ W}$$

Tabel E.2 Tabel potensi mikrohidro melalui persamaan energi potensial

Air Terjun	Q (m ³ /s)	h _{air terjun} (m)	Δh	g (m/s ²)	ρ _{air} (kg/m ³)	P (W)	ΔP
A	1,0	5,8	0,45	9,8	1000	56.840	4.410
B	0,8	3,2	0,45			25.088	3.528

Perhitungan matematis potensi mikrohidro dengan persamaan energi potensial

- Air terjun Damarwulan A

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

$$P = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \frac{m^3}{s} \cdot 9,8 m/s^2 \cdot 5,8 m$$

$$P = 56.840 W$$

- Air terjun Damarwulan B

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

$$P = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,8 \frac{m^3}{s} \cdot 9,8 m/s^2 \cdot 3,2 m$$

$$P = 25.088 W$$

Lampiran F. Perhitungan ralat**Ralat tunggal pengukuran lebar dan kedalaman sungai :**

$$\begin{aligned}\Delta \bar{x} &= \frac{1}{2} \times \text{nst mistar} \\ &= \frac{1}{2} \times 0,1 \text{ cm} \\ &= 0,05 \text{ cm}\end{aligned}$$

Ralat pengukuran debit pada sensor *flow water* :

$$\begin{aligned}\Delta \bar{Q} &= \frac{1}{2} \times \text{nst sensor} \\ &= \frac{1}{2} \times 1 \text{ L/m} \\ &= 0,5 \text{ L/m}\end{aligned}$$

Ralat pengukuran luas penampang sensor *flow water* :

$$\begin{aligned}\Delta \bar{A} &= \frac{\partial v}{\partial Q} \Delta Q + \frac{\partial v}{\partial A} \Delta A \\ &= \frac{1}{A} \Delta Q + Q \Delta A \\ \Delta \bar{A} &= 0,04 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Ralat perhitungan luas penampang sungai :

$$\begin{aligned}A &= \frac{1}{2} (h_1 + h_2) l \\ \Delta A &= \left(\frac{\partial A}{\partial h} \Delta h \right) + \left(\frac{\partial A}{\partial l} \Delta l \right) \\ \Delta A &= \left(\frac{l}{2} \Delta h \right) + \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \Delta l \right) \\ \Delta A_1 &= 40 \text{ cm}^2 & \Delta A_2 &= 20 \text{ cm}^2 \\ \Delta A_3 &= 22 \text{ cm}^2 & \Delta A_4 &= 14 \text{ cm}^2 \\ \Delta A_5 &= 19 \text{ cm}^2 & \Delta A_6 &= 9 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Ralat perhitungan debit :

$$Q = v \cdot A$$

$$\Delta Q = \left(\frac{\partial Q}{\partial v} \Delta v \right) + \left(\frac{\partial Q}{\partial A} \Delta A \right)$$

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

$$\Delta Q1 = 566 \text{ cm}^3/\text{s} \quad \Delta Q2 = 609 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q3 = 668 \text{ cm}^3/\text{s} \quad \Delta Q4 = 624 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q5 = 841 \text{ cm}^3/\text{s} \quad \Delta Q6 = 620 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Ralat berulang pengukuran ketinggian air terjun :

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

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

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

$$\Delta \bar{h}1 = 0,45 \text{ m} \quad \Delta \bar{h}2 = 0,45 \text{ m}$$

Ralat perhitungan kecepatan air terjun :

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

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

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

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

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

$$\Delta v1 = 0,36 \text{ m/s} \quad \Delta v2 = 0,49 \text{ m/s}$$

Ralat perhitungan potensi mikrohidro melalui persamaan energi kinetik :

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

$$\Delta P = \frac{\partial P}{\partial \rho} \Delta \rho + \frac{\partial P}{\partial Q} \Delta Q + \frac{\partial P}{\partial v} \Delta v$$

$$\Delta P = \left(\frac{Q v^2}{2} \right) \Delta \rho + \left(\frac{\rho v^2}{2} \right) \Delta Q + (\rho Q v) \Delta v$$

$$\Delta P1 = 4.410 \text{ W} \quad \Delta P2 = 3.528 \text{ W}$$

Ralat perhitungan potensi mikrohidro melalui persamaan energi potensial:

$$P = \rho g h Q$$

$$\Delta P = \frac{\partial P}{\partial \rho} \Delta \rho + \frac{\partial P}{\partial g} \Delta g + \frac{\partial P}{\partial h} \Delta h + \frac{\partial P}{\partial Q} \Delta Q$$

$$\Delta P = g h Q \Delta \rho + \rho h Q \Delta g + \rho g Q \Delta h + \rho g h \Delta Q$$

$$\Delta P1 = 4.410 \text{ W} \quad \Delta P2 = 3.528 \text{ W}$$

Lampiran G. Dokumentasi penelitian



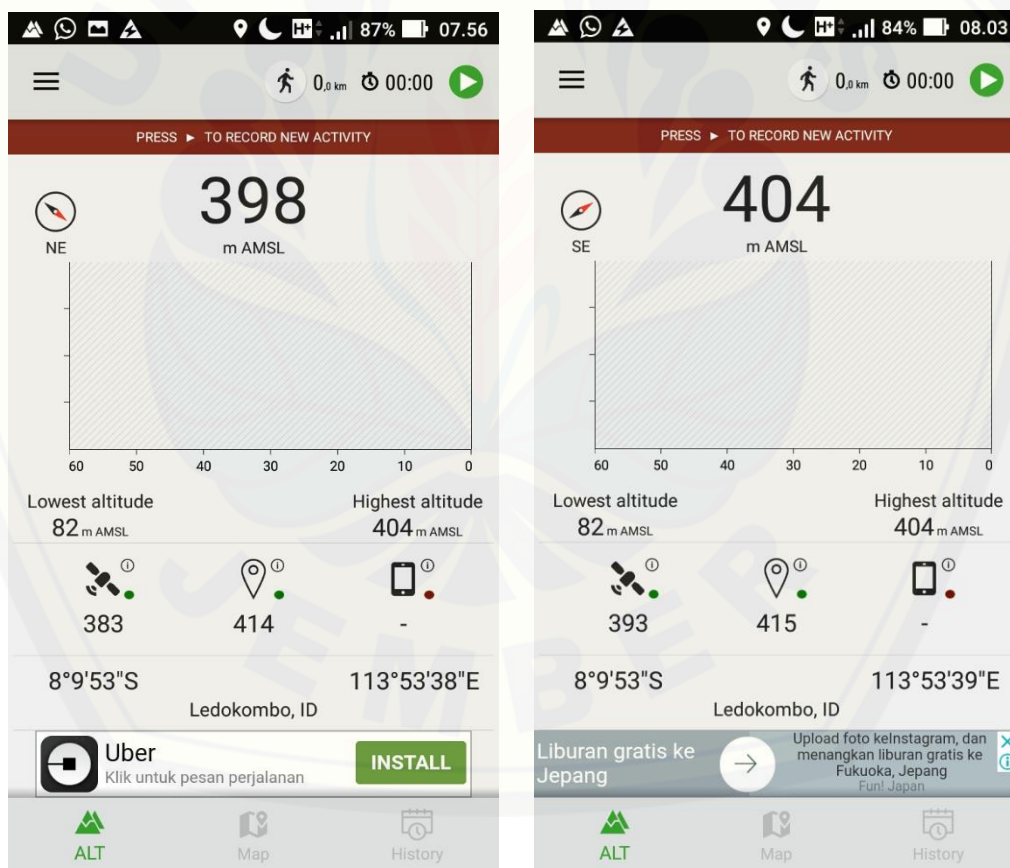
Gambar G.1 Pengukuran kecepatan aliran air menggunakan sensor *flow rate*



Gambar G.2 Pengukuran kedalaman air menggunakan penggaris 1 meter



Gambar G.3 Pengukuran lebar penampang aliran menggunakan meteran



Gambar G.4 Pengukuran ketinggian air terjun menggunakan aplikasi altimeter GPS

Lampiran H. Produk Rancangan Lembar Kerja Siswa Kontekstual Materi Dinamika Fluida



Fenomena Air Terjun

Fenomena alam air terjun merupakan salah satu fenomena alam tentang fluida dinamis. Fluida dinamis adalah fluida yang mengalami perpindahan bagian-bagiannya. Dalam fluida dinamis ada dua garis aliran, yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran laminar adalah aliran fluida yang kecepatan aliran pada setiap titik pada fluida tersebut tidak berubah terhadap waktu seperti aliran air sungai. Kalian akan melihat aliran air seragam mengikuti aliran sungai. Adapun aliran turbulen adalah aliran fluida yang kecepatan aliran setiap titik pada fluida tersebut dapat berubah seperti aliran pada dasar air terjun. Kalian akan melihat aliran air yang berubah-ubah ada bagian air yang ke atas maupun ke bawah.



FLUIDA DINAMIS

Fluida dikatakan bergerak (mengalir) jika fluida itu bergerak secara terus menerus (kontinu) terhadap posisi sekitarnya. Ada dua macam aliran pada fluida mengalir, yaitu aliran *streamline* dan *turbulensi*.

a. Aliran laminar (*streamline*), yaitu aliran yang mengikuti suatu garis lurus atau melengkung yang jelas ujung dan pangkalnya. Jadi, aliran tiap partikel yang melalui suatu titik dengan mengikuti garis yang sama seperti partikel-partikel yang lain yang melalui titik itu. Berikut beberapa contoh aliran laminar :




Gambar 1. Aliran laminar pada aliran sungai
Gambar 2. Aliran laminar pada air terjun


Gambar H.1 Contoh sampul dan materi pada rancangan lembar kerja siswa

TAHUKAH KAMU !!! Tentang olahraga arus deras (rafting) menggunakan konsep fisika


Perhatikan gambar disamping, dimana sekumpulan orang yang sedang menaiki perahu tanpa mesin yang sedang mengikuti arus air. Orang-orang tersebut sedang melakukan olahraga arus deras atau yang biasa dikenal dengan rafting.

Rafting adalah olahraga menggunakan perahu karet disertai dayung yang dilakukan pada sungai atau sepanjang aliran air terjun yang memiliki arus air deras. Arus air yang deras ini disebabkan oleh adanya perbedaan ketinggian dan tekanan pada aliran sungai. Hal ini dikarenakan agar mampu mendorong perahu diperlukan energi kinetik dan energi potensial yang besar. Oleh sebab itu biasanya olahraga rafting dilakukan pada sungai yang berada di daerah dataran tinggi.

Selain menggunakan konsep energi, olahraga arus deras (rafting) juga menggunakan konsep fluida dinamis. Konsep fluida dinamis yang digunakan adalah debit. Bagaimana debit dapat menjelaskan konsep rafting? Mari kita tinjau lebih dalam bagaimana konsep fluida dinamis ini berperan pada olahraga rafting.



Gambar 7. Olahraga arus deras



Gambar 8. Gambar proses transportasi perahu pada aliran sungai

Perhatikan gambar proses diatas bagaimana jalannya perahu pada aliran sungai. Dari gambar diatas kita dapat melihat bahwa ternyata kecepatan perahu saat berada di sungai tidak selalu sama. Selain dipengaruhi oleh ketinggian, kecepatan arus air juga dipengaruhi oleh luas penampang sungai yang dilalui.

Berdasarkan gambar proses diatas, diketahui bahwa pada debit air yang sama dalam waktu 1 s perpindahan perahu dari titik A-B-C-D-E berbeda-beda yakni 1 m, 1,5 m, 2 m, dan 3 m. Hal ini membuktikan kecepatan dipengaruhi oleh luas penampang, yakni semakin besar luas penampang maka semakin kecepatannya, sedangkan semakin kecil luas penampang maka kecepatannya.

Hal tersebut sesuai dengan persamaan asas kontinuitas dimana :

$$V = \dots$$

CONTOH SOAL 3


Lihatlah gambar disamping! Air terjun damarwulan memiliki ketinggian 5 m. Berapakah perbandingan kecepatan aliran fluida pada ketinggian 2,5 m dan 5 m ?

JAWABAN

Diketahui : $h_1 = 2,5 \text{ m}$
 $h_2 = 5 \text{ m}$

Ditanya : $v_1/v_2 = \dots\dots\dots ?$


Dijawab : $(v_1/v_2)^2 = 2,5/5$



Gambar 15. Air terjun Damarwulan

SOAL LATIHAN 3

Gambar disamping merupakan perbandingan air terjun ketika musim hujan dan kemarau. Apabila debit air terjun ketika musim hujan lebih besar dari pada musim kemarau, maka :



Gambar 16. Perbandingan air terjun

a. Bagaimana perbandingan kecepatan jatuhnya air terjun pada saat musim hujan dan kemarau, lebih besar mana? Jelaskan !

b. Apabila diketahui kecepatan awal air terjun saat musim hujan dan kemarau adalah 2 m/s dan 1 m/s. Jika ketinggian air terjun 20 m, maka bagaimana perbandingan jarak jatuhnya air terjun saat musim hujan dan kemarau? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Gambar H.2 Contoh soal dan soal pada rancangan lembar kerja siswa