



**PENGEMBANGAN MODUL DENGAN PENDEKATAN STEM PADA
POKOK BAHASAN FISIKA MATERI FLUIDA DINAMIS UNTUK SISWA
SMA KELAS XI**

SKRIPSI

Oleh:

Selvi Ayu Anggraeni

NIM 170210102090

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

2021



**PENGEMBANGAN MODUL DENGAN PENDEKATAN STEM PADA
POKOK BAHASAN FISIKA MATERI FLUIDA DINAMIS UNTUK SISWA
SMA KELAS XI**

SKRIPSI

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

Oleh:

Selvi Ayu Anggraeni

NIM 170210102090

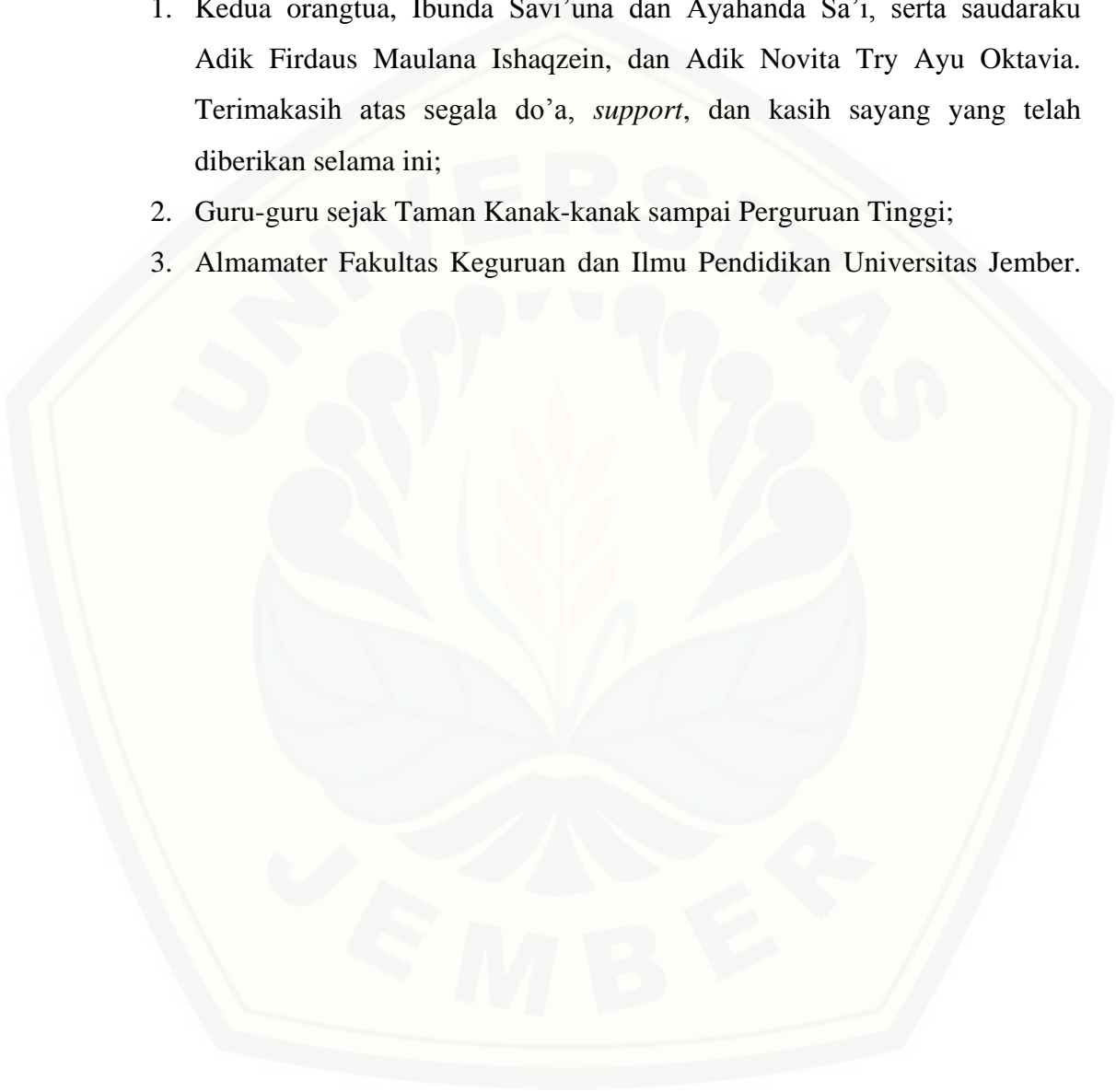
**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2021

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT serta sholawat dan salam kepada Rasulullah Muhammad SAW, saya persembahkan skripsi ini untuk :

1. Kedua orangtua, Ibunda Savi'una dan Ayahanda Sa'i, serta saudaraku Adik Firdaus Maulana Ishaqzein, dan Adik Novita Try Ayu Oktavia. Terimakasih atas segala do'a, *support*, dan kasih sayang yang telah diberikan selama ini;
2. Guru-guru sejak Taman Kanak-kanak sampai Perguruan Tinggi;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.



MOTO

“Allah, tidak ada Tuhan selain Dia. Yang Maha Hidup, Yang terus menerus mengurus (mahluk-Nya), tidak mengantuk dan tidak tidur. Milik-Nya apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi. Tidak ada yang dapat memberi syafaat di sisi-Nya. Dia mengetahui apa yang di hadapan mereka dan apa yang di belakang mereka, dan mereka tidak mengetahui sesuatu apa pun tentang ilmu-Nya melainkan apa yang Dia kehendaki. Kursinya meliputi langit dan bumi. Dan Dia tidak merasa berat memelihara keduanya, dan Dia Maha Tinggi, Maha Besar”

(terjemahan QS. Al-Baqarah ayat 255*)

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

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Selvi Ayu Anggraeni

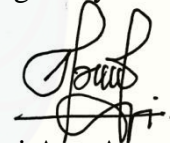
NIM : 170210102090

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **“Pengembangan Modul dengan Pendekatan STEM Pada Pokok Bahasan Fisika Materi Fluida Dinamis untuk Siswa SMA Kelas XI”** 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 isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun, serta bersedia mendapat sanksi apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 1 Agustus 2021

Yang menyatakan,



Selvi Ayu Anggraeni

NIM 170210102090

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN MODUL DENGAN PENDEKATAN STEM PADA
POKOK BAHASAN FISIKA MATERI FLUIDA DINAMIS UNTUK SISWA
SMA KELAS XI**

Oleh

Selvi Ayu Anggraeni

NIM 170210102090

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Singgih Bektiarso, M.Pd
Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si
Dosen Penguji Utama : Drs. Maryani, M.Pd
Dosen Penguji Anggota : Dr. Sudarti, M.Kes

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengembangan Modul dengan Pendekatan STEM Pada Pokok Bahasan Fisika Materi Fluida Dinamis untuk Siswa SMA Kelas XI” karya Selvi Ayu Anggraeni telah diuji dan di sahkan pada :

Hari, tanggal : Kamis, 12 Agustus 2021

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tim penguji:

Ketua,

Anggota I,

Dr. Singgih Bektiarso, M.Pd
NIP. 19610824 198601 1 001

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

Anggota II,

Anggota III,

Drs. Maryani, M.Pd
NIP. 19640707 198902 1 002

Dr. Sudarti, M.Kes
NIP. 19620123 198802 2 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

Prof. Dr, Bambang Soepeno, M.Pd
NIP. 19600612 198702 1 001

RINGKASAN

Pengembangan Modul dengan Pendekatan STEM Pada Pokok Bahasan Fisika Materi Fluida Dinamis untuk Siswa SMA Kelas XI; Selvi Ayu Anggraeni; 170210102090; 2021; 64 halaman; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Fisika merupakan ilmu yang paling dasar dari ilmu alam lainnya dan tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari sebab untuk memahami fisika tidak harus melibatkan rumus melainkan dapat mengaitkan konsep fisika dengan kejadian sehari-hari (Ali Yaz, 2007). Pada pembelajaran fisika guru dituntut untuk memberikan inovasi dalam proses pembelajaran. Hal ini dikarenakan seringkali guru menjadi pusat dan siswa cenderung menghafal materi dibandingkan memahami konsep serta penerapannya. Pada proses pembelajaran diperlukan model pembelajaran yang kreatif dan inovatif, salah satunya dengan menggunakan model pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), sehingga siswa memiliki pemahaman mengenai konsep, memecahkan masalah dan menemukan hal baru serta memenuhi kebutuhan abad 21. Pendekatan STEM dituangkan dalam modul pembelajaran yang disusun secara sistematis agar siswa mudah memahami materi dan dapat belajar secara mandiri sehingga siswa tidak selalu bergantung pada guru.

Tujuan dari penelitian ini adalah : (1) Mendeskripsikan validitas dari modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis; (2) mendeskripsikan respon siswa terhadap modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan (*research and development*). Penelitian ini menggunakan desain pengembangan 4D yang mempunyai tahapan meliputi: (1) *Define*, (2) *Design*, (3) *Development*, dan (3) *Disseminate*.

Penentuan tempat penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling area*. Adapun tempat uji pengembangan modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis yaitu SMA Negeri 4 Probolinggo dengan subjek penelitian adalah siswa kelas XI MIPA 2 dan

MIPA 3 tahun ajaran 2020/2021. Validasi modul dengan pendekatan STEM didasarkan menurut penilaian ahli dengan menggunakan lembar validasi. Respon siswa terhadap penggunaan modul diperoleh dari lembar angket kuisioner dengan mengisi *google form*.

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan oleh peneliti setelah melaksanakan penelitian bahwa modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis yang dikembangkan oleh peneliti dapat digunakan di sekolah. Hasil analisis data validasi dari ketiga validator diperoleh nilai validitas sebesar 92% dengan kriteria sangat valid. Modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis memperoleh respon siswa sebesar 85,55% dengan kriteria sangat positif.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat dan hidayah-Nya serta junjungan Nabi Besar Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengembangan Modul dengan Pendekatan STEM Pada Pokok Bahasa Fisika Materi Fluida Dinamis untuk Siswa SMA Kelas XI”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

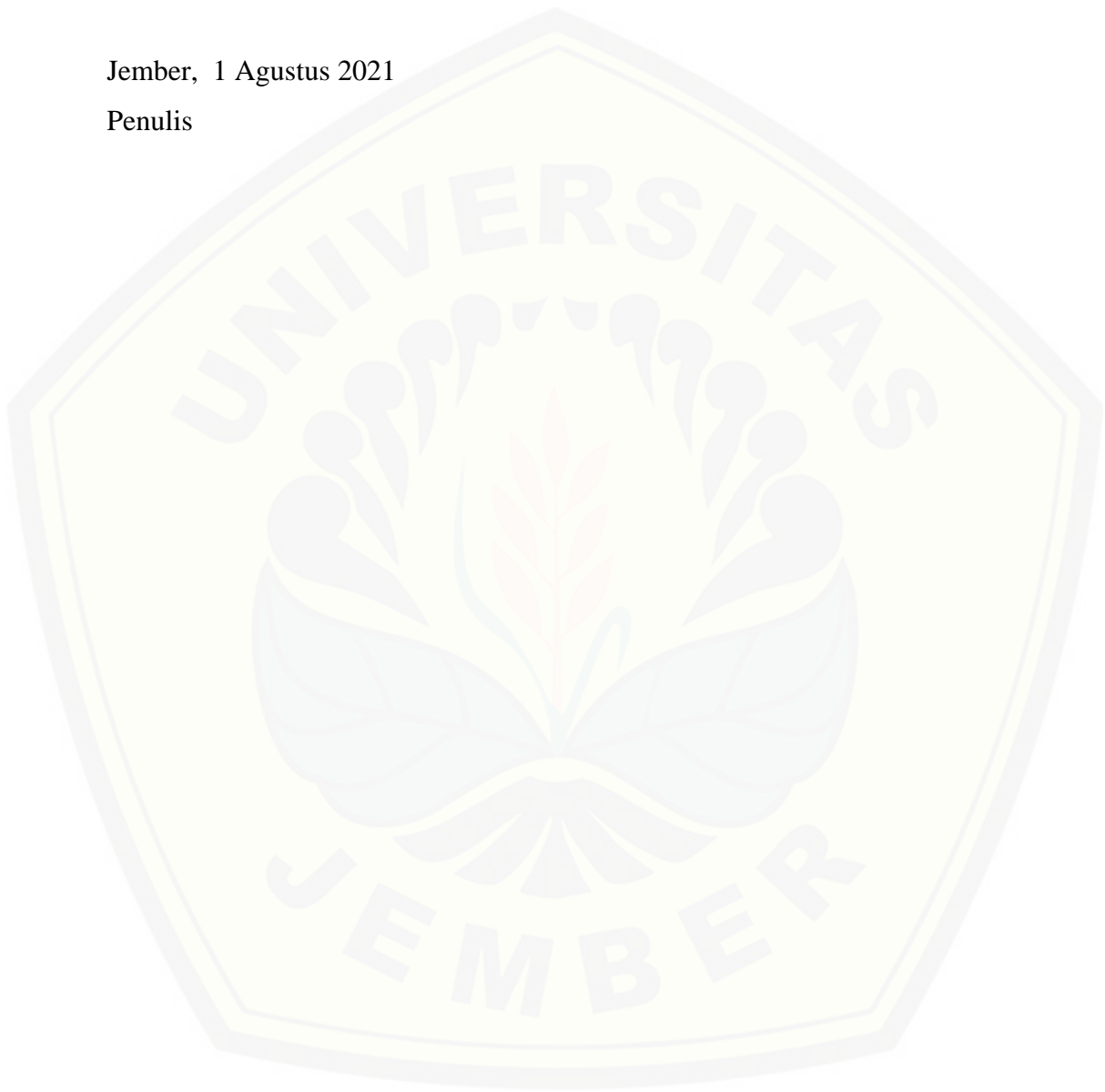
Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Bambang Soepeno, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Dr. Singgih Bektiarso, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota;
5. Drs. Maryani, M.Pd. selaku Dosen Penguji Utama dan Dr. Sudarti, M.Kes. selaku Dosen Penguji Anggota;
6. Drs. Subiki, M.Kes. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan seluruh Bapak dan Ibu dosen Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
7. Ibunda Savi'una dan Ayahanda Sa'i, serta saudaraku Adik Firdaus Maulana Ishaqzein, dan Adik Novita Try Ayu Oktavia;
8. Teman-teman Program Studi Pendidikan Fisika Angkatan 2017;
9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan dan semangat.

Besar harapan penulis bila segenap pembaca memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 1 Agustus 2021

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
SKRIPSI	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTO	iii
PERNYATAAN	iv
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pembelajaran Fisika	7
2.2 Modul Pembelajaran	8
2.2.1 Fungsi Modul	8
2.2.2 Karakteristik Modul	9
2.2.3 Kelebihan Modul.....	10
2.2.4 Kekurangan Modul.....	11
2.2.5 Prosedur Pengembangan Modul	11
2.3 Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)	13
2.3.1 Pengertian STEM	13
2.3.2 Karakteristik Pembelajaran STEM	14
2.3.3 Tujuan Pembelajaran STEM	15
2.3.4 Kelebihan dan Kekurangan Pembelajaran STEM.....	15
2.4 Modul dengan Pendekatan STEM	16
2.5 Respon Siswa	18
2.6 Fluida Dinamis	18

2.6.1 Pengertian Fluida Dinamis	18
2.6.2 Fluida Ideal	19
2.6.3 Persamaan Kontinuitas	19
2.6.4 Persamaan Bernoulli	21
BAB 3. METODE PENELITIAN	23
3.1 Jenis Penelitian	23
3.2 Desain Penelitian.....	23
3.3 Tempat dan Waktu Uji Pengembangan	23
3.4 Definisi Operasional Variabel Penelitian	24
3.4.1 Modul dengan pendekatan STEM.....	24
3.4.2 Desain Penelitian Pengembangan	24
3.4.3 Validitas modul dengan pendekatan STEM.....	26
3.4.4 Respon Siswa	26
3.5 Langkah-langkah Penelitian.....	26
3.5.1 Tahap <i>Define</i> (Pendefinisian).....	26
3.5.2 Tahap <i>Design</i> (Perancangan)	30
3.5.3 Tahap <i>Development</i> (Pengembangan).....	32
3.5.4 Tahap <i>Disseminate</i> (Penyebaran).....	34
3.6 Teknik Pengumpulan Data	34
3.7 Teknik Analisis Data	35
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Hasil Pengembangan	38
4.1.1 Tahap Pendefinisian (<i>Define</i>).....	38
4.1.2 Tahap Perancangan (<i>Design</i>)	42
4.1.3 Tahap Pengembangan (<i>Development</i>).....	52
4.1.4 Tahap Penyebaran (<i>Disseminate</i>).....	57
4.2 Pembahasann	57
4.2.1 Validitas Modul.....	57
4.2.2 Respon Siswa	61
BAB 5. PENUTUP	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Komponen STEM	14
Tabel 3. 1 Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar	28
Tabel 3. 2 Kompetensi Dasar dan Indikator.....	30
Tabel 3. 3 Kriteria Skor Penilaian Modul	35
Tabel 3. 4 Kriteria Kualitas Modul dengan Pendekatan STEM.....	36
Tabel 3. 5 Kriteria Respon Siswa.....	37
Tabel 3. 6 Kriteria Skor Respon Siswa	37
Tabel 4. 1 Tujuan Pembelajaran.....	42
Tabel 4. 2 Saran Perbaikan Modul Validator Ahli.....	53
Tabel 4. 3 Hasil Validasi Ahli dan Pengguna	55
Tabel 4. 4 Hasil Validasi Tiap Aspek	55
Tabel 4. 5 Hasil Respon Siswa.....	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Aliran fluida pada suatu bagian pipa.....	20
Gambar 2. 2 Gaya total yang bekerja pada elemen fluida	21
Gambar 3. 1 Model Pengembangan 4D	23
Gambar 3. 2 Alur tahapan penelitian pengembangan 4D	25
Gambar 3. 3 Peta Konsep Materi Fluida Dinamis	29
Gambar 4. 1 Peta Konsep Materi Fluida Dinamis	41
Gambar 4. 2 Cover Depan Modul	44
Gambar 4. 3 Petunjuk penggunaan modul (a) dan (b) KI dan KD	45
Gambar 4. 4 Peta Konsep.....	46
Gambar 4. 5 Indikator dan tujuan pembelajaran pada kegiatan belajar 1 dan 2 ...	46
Gambar 4. 6 Uraian Materi	47
Gambar 4. 7 Contoh Soal	47
Gambar 4. 8 Rangkuman.....	48
Gambar 4. 9 Tes formatif (a) dan (b) penilaian diri	48
Gambar 4. 10 Engineering project	49
Gambar 4. 11 LKS Teorema Torricelli.....	49
Gambar 4. 12 Glosarium.....	50
Gambar 4. 13 Daftar pustaka	50
Gambar 4. 14 Kunci jawaban.....	51
Gambar 4. 15 Cover belakang modul	51
Gambar 4. 16 Penambahan soal kegiatan belajar 1 (a) dan kegiatan belajar 2 (b)	53
Gambar 4. 17 Memperjelas simbol pada gambar.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1.1 Lembar Wawancara.....	71
Lampiran 4.1 Matrik Penelitian	73
Lampiran 4.2 Silabus Pembelajaran.....	75
Lampiran 4.3 Hasil Analisis Validasi Ahli dan Pengguna.....	77
Lampiran 4.4 Hasil Analisis Respon Siswa	89
Lampiran 4.5 Surat Izin Penelitian.....	95
Lampiran 4.6 Surat Keterangan Selesai Melaksanakan Penelitian.....	96
Lampiran 4.7 Contoh Modul.....	97
Lampiran 4.8 Dokumentasi.....	109

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masa globalisasi ini pendidikan menjadi kebutuhan yang penting bagi manusia untuk menentukan masa depan seseorang yang menuntut agar dapat mempunyai pengetahuan dan keahlian yang wajib dikuasai dan dipahami supaya dapat mengikuti perkembangan zaman yang semakin canggih. Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, menyatakan bahwa “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). Pendidikan yang baik merupakan suatu pendidikan yang tidak hanya berfokus untuk mempersiapkan suatu jabatan ataupun profesi bagi siswanya, melainkan mempersiapkan siswa untuk menghadapi permasalahan yang ada pada kehidupan sehari-hari.

Kurikulum sangat erat kaitannya dengan dunia pendidikan. Kurikulum di Indonesia sudah berganti berkali-kali mulai kurikulum 1947 hingga kurikulum 2013. Kurikulum 2013 dipersiapkan untuk menciptakan generasi yang mampu menghadapi tantangan di masa depan dan didesain untuk meningkatkan sikap, pengetahuan dan keterampilan yang bisa diterapkan di lingkungan sekolah maupun masyarakat. Kurikulum 2013 merupakan suatu kurikulum yang berpusat pada siswa, sehingga siswa memiliki kebebasan untuk mengeksplor pengetahuan serta mengembangkan minat dan bakat (Sarkadi, 2019). Kurikulum adalah suatu alat yang digunakan untuk menggapai tujuan pendidikan, serta digunakan untuk pedoman dalam pelaksanaannya. Selain itu, kurikulum juga mencerminkan gagasan kehidupan suatu bangsa ke arah mana dan bagaimana wujud kehidupan hendak ditetapkan oleh kurikulum yang telah digunakan di masa saat ini (Hamzah, 2018). Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, menyatakan bahwa “Kurikulum adalah seperangkat rencana dan

pengaturan mengenai tujuan, isi, dan bahan pelajaran serta cara yang digunakan sebagai pedoman penyelenggaraan pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu”.

Fisika merupakan ilmu pengetahuan yang paling dasar dari ilmu-ilmu alam lainnya dan tidak mampu dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Beragam segi kehidupan tidak ada yang terlewatkan dari konsep-konsep fisika, hal ini dikarenakan untuk memahami fisika tidak harus melibatkan rumus-rumus yang sulit tetapi juga mengaitkan konsep fisika dengan kejadian dalam kehidupan (Ali Yaz, 2007). Pada mata pelajaran fisika terdiri atas teori, konsep, hukum, dan prinsip yang kebenarannya perlu dibuktikan. Fisika dapat dikatakan sebagai proses yang terdiri dari pengamatan, rumusan permasalahan, menyusun hipotesis dalam percobaan, menganalisis data, serta penarikan kesimpulan. Permasalahan yang sering dijumpai pada pembelajaran fisika yaitu miskonsepsi siswa (Wijaya *et al*, 2016). Salah satu materi fisika yang mengalami miskonsepsi yaitu fluida dinamis yang termasuk bidang mekanika (Suparno, 2013).

Pada pembelajaran fisika, guru dituntut untuk memberikan inovasi saat mengajar. Salah satu permasalahan yang terjadi pada pembelajaran fisika yaitu seringkali pendidik menjadi pusat dan siswa tidak memiliki kesempatan untuk mengembangkan pengetahuan (Utami *et al*, 2017). Pada proses pembelajaran fisika siswa cenderung menghafal materi dibandingkan memahami konsep dan terdapat beberapa pendidik yang lebih menekankan terhadap ketercapaian target kurikulum (Aristawati *et al*, 2018). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 32 Tahun 2013 tentang perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan menyatakan bahwa ”Siklus pembelajaran pada satuan pendidikan dilakukan secara inspiratif, menantang, interaktif, menyenangkan, memotivasi siswa untuk mengambil bagian secara efektif, dan memberikan ruang yang cukup untuk kreativitas, prakarsa dan kemandirian yang sesuai dengan kemampuan, minat, dan psikologis siswa serta perkembangan fisik”. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan, pelaksanaan dan penilaian pada setiap satuan pendidikan supaya efisiensi dan efektivitas dalam ketercapaian kompetensi kelulusan dapat ditingkatkan. Pada proses pembelajaran diperlukan

adanya model pembelajaran yang inovatif dan kreatif sehingga dapat meningkatkan kompetensi siswa, minat belajar dan keterampilan abad 21. Model pembelajaran yang dapat dikembangkan untuk menghadapi dan mengantisipasi abad 21 salah satunya ialah STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) yang mencakup empat aspek disiplin ilmu, sehingga siswa tidak hanya mampu menguasai teori fisika tetapi juga mempunyai pemahaman mengenai konsep-konsep fisika, memecahkan masalah, dan menemukan hal baru.

STEM merupakan suatu pendekatan dalam pemecahan masalah untuk meninjau beragam konsep yang dapat disandingkan dengan dunia nyata dan dapat mengaplikasikan prinsip-prinsip sains, matematika, teknik dan teknologi yang menghubungkan antara pekerjaan, publik, sekolah, dan dunia universal mampu mengusulkan ruang untuk bersaing di dunia ekonomi baru serta peningkatan pendidikan STEM (Tsupros, 2009). Tujuan dari pendekatan STEM yaitu untuk meningkatkan kemampuan masyarakat dalam melaksanakan inovasi produk teknologi agar mampu bersaing secara global dan meningkatkan kemampuan dalam ilmu pengetahuan (Utami *et al*, 2017). Selain itu, pendekatan STEM lebih mengarah kepada siswa supaya dapat memenuhi kebutuhan abad ke-21 khususnya dalam mengembangkan kemampuan (Winarni *et al*, 2016). Penelitian yang telah dilakukan oleh organisasi riset Hannover (2010) menyatakan bahwa STEM bertujuan menampilkan informasi yang komprehensif antar subjek. Sistem pembelajaran STEM dapat dikatakan berhasil apabila semua aspek STEM terkandung dalam setiap pembelajaran untuk setiap mata pelajaran. Pendekatan STEM dapat membuat sistem pembelajaran yang aktif dan aplikatif sehingga dapat mendorong siswa menjadi aktif. Pada proses pembelajaran implementasi pendekatan STEM dapat dilakukan dalam bentuk bahan ajar ialah modul.

Bahan ajar pada dasarnya ialah semua bahan (baik data, perangkat, ataupun tulisan) yang disusun secara sistematis, untuk menunjukkan kemampuan yang akan dikuasai oleh siswa serta digunakan pada proses pembelajaran bertujuan untuk merencanakan dan meninjau pelaksanaan pembelajaran (Prastowo, 2012:17). Dari segi bentuk, bahan ajar bisa berupa bahan ajar cetak yang terdiri dari modul, *handout*, lembar kerja siswa dan buku yang bertujuan

untuk keperluan pembelajaran atau menyampaikan informasi (Prastowo, 2013:306). Perancangan modul berperan sangat penting pada interaksi pembelajaran. Modul yang dikembangkan dapat meningkatkan efektivitas dan motivasi penggunaannya. Widodo (dalam Lestari, 2013:2) menyatakan bahwa terdapat lima karakteristik modul yaitu *self instructional*, *self contained*, *stand alone*, *adaptive*, dan *use friendly*. Penelitian yang dilakukan oleh Puspitasari (2019) menyatakan bahwa penggunaan modul cetak lebih mudah untuk digunakan dan efisien dalam mendukung kemampuan abad ke-21 dibandingkan dengan modul elektronik karena memerlukan aplikasi khusus dan tidak semua siswa dapat menggunakan modul elektronik tersebut sebab adanya suatu keterbatasan fasilitas yang dimiliki.

Penelitian mengenai pengembangan bahan ajar berbasis STEM telah dilakukan oleh beberapa peneliti, antara lain Oktavia, R (2019), menyatakan bahwa bahan ajar berbasis STEM pada pembelajaran IPA layak dan efektif untuk digunakan dan mampu meningkatkan hasil belajar, keterampilan berfikir kritis, dan keterampilan berfikir kreatif siswa. Selanjutnya penelitian yang dilaksanakan oleh Aldila *et al* (2017), menyatakan bahwa LKPD berbasis STEM layak digunakan sebagai sumber belajar, dan efektif serta dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif pada materi elastisitas dan hukum Hooke. Kemudian penelitian yang juga dilakukan oleh Martha *et al* (2020), menyatakan bahwa LKS berbasis STEM layak digunakan dengan rata-rata 86,25 serta dikategorikan sangat praktis dengan nilai 88,83%. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa bahan ajar, LKPD dan LKS yang menarik dapat membantu guru dan siswa pada proses pembelajaran sehingga dapat membuat siswa lebih mudah memahami materi.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu peneliti mengembangkan modul dengan pendekatan STEM pada materi fluida dinamis. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Saputra *et al* (2019) menyatakan bahwa dalam materi fluida dinamis dapat terjadi miskonsepsi karena materi tersebut berkaitan dengan fluida statis yang masih banyak siswa mengalami miskonsepsi. Penggunaan pendekatan STEM dalam penelitian ini supaya siswa dapat

mempunyai pemahaman dalam keempat aspek STEM yang saling berkaitan dalam satu pokok bahasan fisika. Selain itu, dengan menerapkan pendekatan STEM pada proses pembelajaran diharapkan dapat membuat siswa memiliki kemampuan dalam berinovasi dan belajar antara lain kreatif, berpikir kritis, inovatif, komunikasi dan kolaborasi (Winarni *et al*, 2016). Pada proses pembelajaran, penggunaan modul sangat penting untuk mempermudah siswa dalam belajar, hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilaksanakan Syahirah *et al* (2020), yang menyatakan bahwa modul berbasis STEM yang dikembangkan pada pokok bahasan elektrokimia dalam kategori valid dengan nilai 90,64% dan layak digunakan serta mendapatkan respon yang positif. Selain itu, penelitian yang dilaksanakan Almuharomah *et al* (2019), menyatakan bahwa modul berbasis STEM layak digunakan dan mendapat respon siswa yang baik serta kemampuan berfikir kreatif meningkat dengan *N-gain* 0,92 dalam kriteria tinggi. Selanjutnya penelitian yang dilaksanakan oleh Lismina *et al* (2020), menjelaskan bahwa modul berbasis STEM dapat meningkatkan hasil belajar sebesar 0,53 dalam kriteria sedang serta mampu meningkatkan keterampilan proses siswa sebesar 78,20%. Kemudian penelitian yang dilaksanakan Sugianto *et al* (2018), menjelaskan apabila modul IPA berbasis proyek yang terintegrasi dengan STEM materi tekanan layak untuk digunakan dengan tingkat validitas 87,7% dan berkategori valid serta mendapatkan respon siswa yang sangat baik sebesar 84,73% dengan tingkat keterbacaan 80,67%.

Modul dengan pendekatan STEM menjadi salah satu solusi bagi pendidik agar siswa dapat menggunakan pemahaman konsep dan analisis mereka dalam memecahkan permasalahan fisika sekaligus memiliki pemahaman terkait dengan teknologi dan *engineering process* yang terdapat di dalam suatu fenomena fisika. Penggunaan modul pada proses pembelajaran fisika mampu membuat siswa lebih memahami materi dengan baik, belajar secara mandiri dan meningkatkan minat belajar siswa karena materi pokok dalam suatu modul di jelaskan secara terperinci. Selain itu, penggunaan modul pada pembelajaran mampu membuat siswa belajar aktif dan aplikatif sehingga siswa dapat mengembangkan diri dan mampu mengetahui kekurangan mereka sehingga dapat segera diperbaiki.

Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 4 Probolinggo. Sekolah tersebut menjadi sasaran penelitian dikarenakan modul yang digunakan untuk menunjang pembelajaran fisika belum terintegrasi STEM (*Science, Teknologi, Engineering and Mathematics*). Berdasarkan uraian masalah yang disajikan, peneliti akan melaksanakan penelitian dengan judul **“Pengembangan Modul dengan Pendekatan STEM Pada Pokok Bahasan Fisika Materi Fluida Dinamis untuk Siswa SMA Kelas XI”**.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana validitas modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk siswa SMA kelas XI?
- b. Bagaimana respon siswa terhadap modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk siswa SMA kelas XI?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mendeskripsikan validitas dari modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk siswa SMA kelas XI.
- b. Mendeskripsikan respon siswa terhadap modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk siswa SMA kelas XI.

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Bagi siswa, sebagai penunjang sumber belajar dimana pun dan kapan pun baik dengan arahan guru ataupun tanpa arahan guru.
- b. Bagi guru, sebagai referensi bahan ajar berbasis modul supaya kegiatan belajar mengajar tidak cenderung monoton.
- c. Bagi sekolah, sebagai masukan dan referensi agar kualitas pendidikan disekolah meningkat.
- d. Bagi peneliti selanjutnya, sebagai referensi untuk pertimbangan atau dikembangkan lebih lanjut.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembelajaran Fisika

Belajar merupakan suatu proses internal kompleks yang mencakup ranah afektif, kognitif, dan psikomotorik. Dalam berbagai sudut pandang psikologi, belajar mampu didefinisikan sebagai proses dasar dari suatu perkembangan dalam kehidupan manusia, yang mampu membuat perubahan kualitatif individu sehingga dapat mewujudkan berkembangnya tingkah laku yang baik melalui pengalaman (Nidawati, 2013). Selain itu, belajar juga merupakan salah satu proses yang bisa dilaksanakan kapan saja dan dimana saja yang terjadi akibat adanya suatu interaksi antara individu dengan lingkungan sekitar maka dapat mengubah tingkah laku setiap individu akibat adanya perubahan tingkat pengetahuan, keterampilan, ataupun sikapnya (Sagala, 2005: 61).

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, bahwa “Pembelajaran adalah proses interaksi pada peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar”. Adapun hakikat dari pembelajaran yaitu usaha sadar yang dilakukan pendidik untuk membelajarkan peserta didiknya sehingga terjadi komunikasi yang terarah terhadap sasaran yang telah ditetapkan serta agar tercapainya tujuan (Trianto, 2009:19). Seringkali pola pembelajaran bersifat transmitif karena dalam menyerap ilmu yang diberikan oleh guru ataupun yang ada dalam buku pelajaran, siswa cenderung pasif. Pembelajaran merupakan suatu kegiatan pendidik untuk menciptakan kondisi yang memungkinkan adanya proses belajar siswa yang berlangsung optimal (Gora dan Sunarto, 2010:1). Kegiatan dikatakan sebagai belajar jika memenuhi tiga ciri-ciri, yakni : 1) perubahan tingkah laku, 2) perubahan yang terjadi karena latihan dan pengalaman, 3) perubahan bersifat permanen (Morgan dalam Gora dan Sunarto, 2010).

Fisika adalah ilmu pengetahuan alam yang mempelajari dan memberikan pemahaman kuantitatif tentang fenomena alam yang terjadi serta sifat-sifat zat dalam penerapannya (Mundilarto, 2002:3). Pada saat mempelajari fisika dibutuhkan imajinasi karena fisika adalah suatu ilmu yang mempelajari alam dan

gejala yang terjadi serta bersifat abstrak (Indrawati & Sutarto, 2010:1). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pembelajaran fisika adalah proses interaksi antara guru dan siswa dengan memberikan pemahaman untuk memahami konsep fisika agar keberhasilan pembelajaran fisika dapat tercapai dan dapat diterapkan.

2.2 Modul Pembelajaran

Modul adalah salah satu bahan ajar yang telah disusun secara sistematis dengan menggunakan bahasa yang sesuai dengan tingkat pengetahuan untuk lebih mudah dipahami supaya siswa mampu belajar secara mandiri dengan bimbingan maupun arahan yang minimal dari guru (Prastowo, 2011:106). Kemudian, modul adalah suatu bahan ajar yang berdasarkan kurikulum tertentu sehingga dapat dirancang secara sistematis dan dikemas dalam bentuk satuan pembelajaran terkecil yang memungkinkan untuk dipelajari secara mandiri dalam satuan waktu tertentu (Purwanto *et al*, 2007:9). Modul juga penting untuk suatu satuan pembelajaran yang disusun untuk membantu siswa secara individu dalam mencapai tujuan pembelajarannya (Sukiman, 2011:131). Pembelajaran dengan menggunakan modul dapat meningkatkan kemampuan peserta didik dalam belajar sehingga akan lebih mudah menyelesaikan satu maupun lebih kompetensi dasar yang disajikan (Majid, 2011:176). Oleh karena itu, sebuah modul menyajikan kompetensi dasar yang harus dicapai oleh siswa, menarik, dilengkapi dengan ilustrasi, bahasa yang digunakan baik, dan berisi materi yang lengkap sebab penggunaan modul dalam proses pembelajaran mampu meningkatkan motivasi belajar dan mengembangkan kemampuan siswa. Selain itu, modul harus disusun secara terurut dan sistematis sehingga siswa mampu menguasai satu unit konsep dan melanjutkannya ke unit konsep lainnya secara mandiri.

2.2.1 Fungsi Modul

Modul sebagai salah satu bahan ajar yang digunakan oleh siswa pada saat proses pembelajaran. Adapun fungsi dari modul yaitu sebagai berikut Prastowo (2011:107):

a. Bahan ajar mandiri.

Pemanfaatan modul dalam proses pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan siswa beradaptasi secara mandiri tanpa bergantung pada guru.

b. Pengganti fungsi guru.

Pada modul menjelaskan materi yang mudah dipahami oleh siswa sehingga dapat digunakan untuk mengganti fungsi guru di dalam proses pembelajaran.

c. Alat evaluasi

Siswa mampu menilai diri sendiri bagaimana tingkat pemahamannya terhadap materi yang telah dipelajari dalam modul.

d. Bahan rujukan untuk siswa

Modul berisi beragam materi yang harus dikuasai siswa.

2.2.2 Karakteristik Modul

Modul memiliki karakteristik yang berbeda dengan bahan ajar. Agar dapat menghasilkan modul yang menarik maka perlu memperhatikan karakteristik dari modul. Berdasarkan Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2003 bahwa modul yang dikembangkan harus memperhatikan karakteristik modul, yaitu *self instructional*, *self contained*, *stand alone*, *adaptive*, dan *user friendly* agar dapat meningkatkan motivasi dan efektivitas penggunaannya.

a. *Self Instructional*

Modul dapat membuat siswa untuk mampu belajar mandiri dan tidak bergantung pada pendidik ataupun orang lain. Pada karakteristik ini modul harus berisi tujuan pembelajaran yang jelas, terdapat petunjuk penggunaan modul, materi yang disusun secara runtut sehingga mudah dipahami, terdapat contoh soal, latihan soal untuk mengukur penguasaan siswa, bersifat kontekstual, bahasa yang digunakan mudah dipahami dan sederhana, terdapat rangkuman dan instrumen penilaian, umpan balik atas penilaian siswa dan terdapat referensi yang mendukung materi pembelajaran.

b. *Self Contained*

Modul secara keseluruhan mencakup semua materi yang akan dipelajari dari sub kompetensi ataupun satu unit kompetensi yang dipelajari. Tujuannya yaitu supaya siswa mampu mempelajari dan menguasai materi secara utuh dan tuntas.

c. *Stand Alone*

Modul tidak bergantung kepada media pembelajaran yang lain atau tidak selalu digunakan bersama dengan media pembelajaran yang lain.

d. *Adaptive*

Pada modul harus mempunyai daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi, serta fleksibel digunakan.

e. *User Friendly*

Modul hendaknya juga mampu bersahabat atau akrab dengan pemakainya dalam setiap instruksi. Salah satu bentuk dari *user friendly* yaitu bahasa yang digunakan dapat mudah dipahami, sederhana dan menggunakan istilah-istilah yang umum digunakan sehingga memudahkan siswa untuk mempelajari materi dalam modul.

2.2.3 Kelebihan Modul

Utomo (1991:72) menyatakan bahwa modul mempunyai beberapa keuntungan atau kelebihan apabila digunakan sebagai bahan ajar, yaitu :

- a. Mempertinggi motivasi siswa, hal ini disebabkan setiap siswa mengerjakan tugas dibatasi dengan jelas dan sesuai dengan kemampuan peserta didik.
- b. Setelah pelajaran selesai, guru dan siswa dapat mengetahui bahwa siswa mana yang berhasil dan yang kurang berhasil.
- c. Siswa mampu mencapai hasil yang sesuai kemampuan mereka.
- d. Beban belajar semakin merata sepanjang semester.
- e. Pendidikan lebih memiliki daya guna.

2.2.4 Kekurangan Modul

Utomo (1991:72), menyatakan bahwa ada beberapa hal yang memberatkan atau kekurangan ketika belajar menggunakan modul, yaitu :

- a. Kegiatan belajar membutuhkan organisasi yang baik.
- b. Dalam kegiatan belajar diperlukan adanya beberapa ulangan/ujian yang dinilai dengan secepat mungkin.

2.2.5 Prosedur Pengembangan Modul

Berdasarkan Departemen Pendidikan Nasional (2018), dan Universitas Jember (2016), adapun langkah-langkah penyusunan format atau kerangka modul yang sederhana dan sesuai dengan kebutuhan yaitu :

- a. Analisis kebutuhan modul

Dalam analisis kebutuhan modul, melakukan suatu kegiatan yaitu analisis silabus supaya mendapatkan suatu informasi yang diperlukan oleh siswa dalam kompetensi pembelajaran dan bertujuan untuk mengidentifikasi serta menentukan modul yang harus dikembangkan dalam satu semester yang telah disusun.

- b. Desain modul

Adapun desain struktur kerangka modul sebagai berikut (Universitas Jember, 2016) :

- 1) Bagian Awal

Pada bagian awal mencakup beberapa komponen yaitu: halaman sampul, halaman katalog, halaman persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, petunjuk penggunaan modul, kompetensi dasar dan kompetensi inti, serta peta konsep.

- 2) Bagian Inti

Pada bagian ini menyajikan isi dari modul yang diatur oleh penulis secara konsisten dan disesuaikan dengan materi yang akan ditulis. Adapun komponen dari inti modul yaitu : judul bab, tujuan bab, uraian pokok materi, bahan diskusi, contoh soal, rangkuman bab, tes formatif dan penilaian diri.

3) Bagian Akhir

Pada bagian akhir modul terdapat beberapa komponen yaitu : glossarium atau daftar istilah, daftar pustaka, kunci jawaban dan halaman sampul belakang luar.

Dalam melakukan uji coba modul, dapat diikuti dengan tahapan sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan modul untuk diuji cobakan.
- 2) Menentukan responden uji coba yang sesuai dengan kondisi.
- 3) Menyusun suatu instrument pendukung uji coba.
- 4) Menyiapkan dan memperbanyak modul yang akan diuji cobakan sesuai dengan jumlah responden.
- 5) Menginformasikan kepada responden tentang tujuan dari uji coba dan apa saja kegiatan yang harus dilakukan oleh responden.
- 6) Mengumpulkan kembali modul dan instrument uji coba.
- 7) Mengolah data dan menyimpulkan hasil dari pengumpulan masukan yang didapatkan melalui instrument uji coba.

c. Implementasi

Kegiatan dalam belajar, implemetasi modul dilakukan sesuai dengan alur dalam modul. Sarana dan prasarana yang diperlukan dalam kegiatan pembelajaran diupayakan terpenuhi supaya tujuan dari pembelajaran dapat tercapai. Strategi pembelajaran juga dilakukan secara konsisten sesuai dengan alur yang telah ditentukan.

d. Penilaian

Penilaian hasil belajar dilakukan untuk menentukan tingkat penguasaan dari siswa dalam mempelajari suatu materi pada modul. Pelaksanaan penilaian ini menggunakan instrument yang dirancang pada saat penyusunan modul.

e. Evaluasi dan validasi

Evaluasi dilakukan untuk mengukur dan mengetahui implementasi modul pembelajaran apakah dapat dilakukan sesuai dengan rancangan pengembangan ataupun tidak dan instrument yang digunakan dalam evaluasi harus sesuai dengan modul. Instrument untuk guru dan siswa yang terlibat, sebab dapat menjadikan

hasil evaluasi lebih objektif. Validasi pada langkah ini digunakan untuk menguji kesesuaian modul dengan kompetensi. Validasi dapat dilakukan oleh bantuan ahli ataupun pendidik yang mengajar pada bidang tersebut untuk membantu proses validasi.

f. Jaminan kualitas

Digunakan untuk mengetahui modul yang disusun telah memenuhi ketentuan yang telah ditetapkan dalam pengembangan modul sehingga dilakukan jaminan kualitas yang perlu pemantauan dalam proses penulisannya untuk mendapatkan modul pembelajaran yang sesuai dengan desain yang ditetapkan.

2.3 Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)

2.3.1 Pengertian STEM

STEM merupakan suatu pembelajaran terpadu untuk interdisiplin antara sains, teknologi, teknik, dan matematika dengan cara menghubungkan konsep-konsepnya dengan dunia global, dunia kerja dan sekolah dengan tujuan agar peserta didik mampu bersaing pada era ekonomi baru (Tsupros *et al*, 2009). STEM juga merupakan pendekatan dalam proses pembelajaran yang melibatkan beberapa bidang disiplin pada STEM yaitu dengan melakukan kegiatan praktek pada masing-masing bidang STEM yang bertujuan untuk meningkatkan pembelajaran peserta didik (Kelly *et al*, 2016). Pada saat kegiatan penerapan pembelajaran, STEM terdiri dari 4C yaitu *Creativity*, *Critical Thinking*, *Collaboration*, dan *Communication*, yang dapat membuat siswa mampu menyelesaikan berbagai permasalahan dalam dunia nyata dan dapat menyampaikannya dengan baik (Lestari *et al*, 2018). Berdasarkan beberapa pendapat ahli maka disimpulkan bahwa pembelajaran STEM dapat mengkombinasi beberapa aspek STEM secara teori ataupun praktik ke dalam satu pembelajan dan dapat menghubungkan antara aspek-aspek STEM dalam pengaplikasian dunia nyata sehingga dapat lebih mudah untuk meningkatkan pemahaman siswa.

Komponen STEM terdiri dari empat bidang studi yang saling berkaitan. Adapun komponen-komponen STEM yang berhubungan dengan konteks fisika dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut (Khairiyah, 2019):

Tabel 2.1 Komponen STEM

Komponen STEM	Definisi	Konteks Fisika
Sains	Pengetahuan yang mempelajari tentang alam dan seisinya yang didapatkan melalui pengamatan, membuat hipotesis, uji coba dan penarikan kesimpulan.	Dapat membuat siswa berpikir kritis dan berperilaku ilmiah dengan membuat pertanyaan, hipotesis, dan melakukan penyelidikan.
Teknologi	Suatu inovasi yang menghasilkan alat untuk mempermudah pekerjaan manusia.	Menyelidiki dampak adanya teknologi pada sosial, budaya, ekonomi, politik dan lingkungan.
<i>Engineering</i>	Pengetahuan dan keterampilan untuk menerapkan konsep sains dan matematika agar dapat memperoleh teknologi.	Merancang desain dengan menggunakan matematika dan penyelidikan sains untuk membuat atau melakukan percobaan.
Matematika	Pengetahuan yang mempelajari tentang besaran, angka dan ruang yang saling terkait serta digunakan untuk menganalisis memperhitungkan suatu persoalan	Digunakan untuk mengevaluasi hasil rancangan solusi yang telah dibuat.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa STEM adalah salah satu bentuk pendekatan yang memadukan bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika dengan tujuan meningkatkan pembelajaran siswa agar mereka mampu memecahkan permasalahan yang ada disekitarnya.

2.3.2 Karakteristik Pembelajaran STEM

Adapun karakteristik dalam pembelajaran STEM sebagai berikut (Simatupang & Dirga, 2019:35):

- a. Dalam satu pengalaman belajar terintegrasi dengan sains, teknologi, teknik, dan matematika.
- b. *Real world application* atau kontekstual dengan kehidupan nyata.
- c. Sistem pembelajarannya berbasis proyek.
- d. Berfungsi untuk menyiapkan peserta didik agar mampu integratif.
- e. Mampu meningkatkan atau mengembangkan keterampilan teknis dan *soft skills*.

2.3.3 Tujuan Pembelajaran STEM

Adapun tujuan dari pembelajaran STEM antara lain (Bybee, 2013):

- a. Sikap, pengetahuan, dan keterampilan digunakan untuk mengidentifikasi pertanyaan dan permasalahan yang sering terjadi dalam kehidupan, menjelaskan berbagai gejala alam, merancang, dan membuat kesimpulan berdasarkan bukti yang terkait tentang isu-isu STEM.
- b. Pemahaman karakteristik komponen disiplin STEM merupakan suatu bentuk dari pengetahuan, penyelidikan dan perancangan yang telah digagaskan.
- c. Kesadaran terkait bagaimana disiplin STEM membangun lingkaran intelektual, cultural, dan material.
- d. Kemampuan juga terlibat dalam isu-isu mengenai STEM sebagai warga negara yang konstruktif, peduli dan reflektif dalam menggunakan gagasan *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics (STEM)*.

2.3.4 Kelebihan dan Kekurangan Pembelajaran STEM

Dalam model pembelajaran STEM terdapat kelebihan dan kekurangan dalam hal penerapan serta pencapaian tujuan (Simatupang & Dirga, 2019:38).

Adapun kelebihan model pembelajaran STEM sebagai berikut :

- a. Untuk menghubungkan antara pengetahuan dengan keterampilan diperlukan kesepakatan kepada siswa yang akan menjadi familiar bagi setiap siswa.
- b. Berdasarkan konteks dunia nyata dan pembelajaran berbasis masalah dapat menggunakan pendekatan interdisipliner.

- c. Pembelajaran STEM terdiri dari proses berfikir kritis, analisis, dan kolaborasi.

Selain kelebihan dalam model pembelajaran STEM, juga terdapat kekurangan dalam penerapannya yaitu :

- a. Terdapat kemungkinan bahwa siswa tidak tertarik terkait salah satu komponen STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*).
- b. Terhambatnya pertumbuhan akademik siswa dapat disebabkan oleh siswa yang gagal dalam memahami integrasi yang telah terjadi secara alami antara pembelajaran STEM dengan kehidupan.
- c. Pendidik harus benar-benar memahami integrasi bidang STEM.

2.4 Modul dengan Pendekatan STEM

Modul adalah salah satu bentuk bahan ajar yang dibuat secara lengkap dan sistematis dengan tujuan supaya siswa mampu belajar secara mandiri tanpa bimbingan dari guru (Pratiwi *et al*, 2017). Kemudian, modul pembelajaran adalah suatu bahan ajar yang digunakan untuk membantu siswa dalam memahami materi dan mampu memiliki keterampilan berfikir dalam memperoleh materi tersebut (Putra & Winarti, 2014). Pada saat ini proses pembelajaran yang ada belum sesuai dengan tuntutan abad 21 yang menuntut untuk mempunyai keterampilan pemecahan masalah dan berfikir. Pendekatan STEM adalah salah satu pendekatan pembelajaran yang sesuai dengan kurikulum 2013 (Gustiani *et al*, 2017). Pembelajaran yang mengintegrasikan STEM memiliki dampak yang besar terhadap prestasi akademik (Becker dan Park, 2011). Selain itu, pembelajaran STEM dapat dikaitkan dengan alam dan lingkungan yang ada disekitar siswa (Subramaniam *et al*, 2012). Oleh karena itu pada pendekatan STEM siswa tidak hanya mampu memahami konsep melainkan juga mampu mengaitkan dengan kehidupan sehari-hari. Penerapan pendekatan STEM ini efektif untuk digunakan sebagai sumber belajar siswa (Yuanita dan Kurnia, 2019).

Pendekatan STEM terdiri dari empat disiplin ilmu dan pada konteks fisika dapat dilihat sebagai berikut (Sarnita *et al*, 2021:7) (Simarmata *et al*, 2021:2):

a. *Science*

Karakteristik *science* dapat berupa sebuah pengetahuan sains yang dimiliki siswa dari proses pembelajaran atau dari hasil pengamatan, misalkan suatu pengetahuan mengenai konsep dan hukum alam atau yang telah didapatkan pada proses pembelajaran.

b. *Technology*

Karakteristik dari teknologi dapat berupa sebuah alat yang dibuat oleh siswa berdasarkan materi yang telah dipelajari, misalkan pembuatan miniatur pesawat terbang. Pesawat terbang merupakan salah satu alat transportasi yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia dan berkaitan dengan konsep-konsep fisika.

c. *Engineering*

Pada *engineering*, siswa melakukan suatu perancangan atau prosedur untuk menyelesaikan suatu masalah berdasarkan konsep dan prinsip fisika yang diperoleh dari proses pembelajaran, misalkan desain atau merancang desain pesawat sesuai dengan prinsip-prinsip fisika.

d. *Mathematics*

Karakteristik matematika pada STEM digunakan pada saat proses perancangan. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi suatu rancangan yang telah dibuat oleh siswa.

Berdasarkan pendapat para ahli diatas dapat disimpulkan bahwa modul dengan pendekatan STEM merupakan sebuah bahan ajar yang dibuat oleh guru kemudian dikaitkan dengan alam dan lingkungan sekitar siswa. Modul ini dapat digunakan secara mandiri karena bersifat urut dan sistematis, mempermudah siswa dalam belajar, serta mampu meningkatkan minat belajar siswa. Selain itu, modul dengan pendekatan STEM ini diharapkan mampu untuk menanamkan konsep dengan baik kepada siswa agar mereka dapat memaknai kejadian di sekitar mereka secara fisika dan untuk meningkatkan motivasi siswa dalam belajar fisika.

2.5 Respon Siswa

Respon siswa terbagi menjadi dua ialah respon positif dan negatif. Respon siswa dapat berupa aktivitas atau tanggapan mengenai ketertarikan siswa terhadap modul dan mampu digunakan untuk meningkatkan motivasi belajar siswa setelah mendapatkan stimulus dalam pembelajaran. Stimulus dapat berupa modul yang digunakan selama proses pembelajaran. Pada sistem pendidikan, stimulus dapat diartikan sebagai rangsangan yang diberikan oleh guru kepada siswa (Wahyudi, 2013). Respon ketertarikan siswa dan keterbacaan modul pembelajaran tersebut dapat dilakukan dengan menanyakan langsung kepada siswa maupun dengan pembuatan angket (Riyana, 2012 : 87).

Berdasarkan pendapat ahli mengenai pengertian dari respon siswa terhadap kegiatan pembelajaran, maka dapat disimpulkan bahwa respon siswa adalah indikator dari sikap siswa yang berupa tanggapan dan persepsi siswa terhadap modul pembelajaran. Apabila dikaitkan antara respon siswa terhadap penggunaan modul pembelajaran, maka dapat diartikan bahwa respon siswa dapat berupa respon positif yang salah satunya ditunjukkan dengan ketertarikan mereka terhadap modul pembelajaran yang digunakan oleh guru untuk mendukung proses pembelajaran. Data mengenai respon siswa ini dapat diperoleh melalui instrumen baik berupa angket yang diisi langsung oleh siswa maupun dari hasil wawancara yang dilakukan peneliti terhadap siswa.

2.6 Fluida Dinamis

2.6.1 Pengertian Fluida Dinamis

Fluida adalah suatu yang mampu mengalir maka sering disebut dengan zat alir. Fasa zat cair dan gas termasuk kedalam jenis fluida. Fluida dinamis merupakan suatu fluida yang dapat bergerak (Sugiono, 2009:272). Dalam mempelajari fluida dinamis atau fluida bergerak, besaran yang penting untuk dipahami yaitu laju dari aliran fluida. Laju aliran ini digunakan untuk menghitung jarak yang ditempuh oleh satu elemen dalam fluida per satuan waktu (Abdullah, 2016: 771). Fluida juga dapat diartikan sebagai zat yang mengalir disebabkan

tidak dapat menahan tegangan geser atau *shearing stress* akan tetapi mampu mengeluarkan gaya yang tegak lurus dengan permukaan (Halliday, 2005:387).

2.6.2 Fluida Ideal

a. Aliran Tunak (*Steady flow*)

Aliran tunak atau aliran laminer (berlapis-lapis) merupakan laju aliran fluida yang memiliki besar dan arah dan kedua hal tersebut tidak dipengaruhi oleh waktu. Contohnya, aliran air pelan yang berada di dekat pusat arus diam.

b. Aliran yang tak termampatkan (*Incompressible flow*)

Aliran yang tak termampatkan berarti suatu fluida memiliki densitas yang bernilai konstan dan beragam sehingga fluida tidak dapat dimampatkan.

c. Aliran tidak viskos (*Nonviscous flow*)

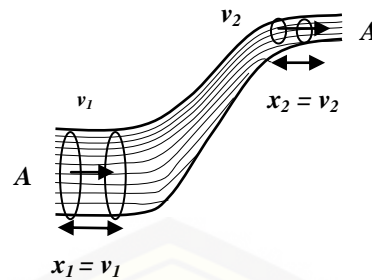
Suatu fluida dikatakan tidak viskos karena pada fluida memiliki tingkat kekentalan yang rendah. Contohnya madu yang mampu mengalir secara resisif daripada air sebab madu memiliki tingkat viskositas yang lebih tinggi dari air sehingga madu bukan merupakan fluida ideal.

d. Aliran tidak berotasi (*Irrotational flow*)

Aliran fluida tidak berotasi. Penerapan yang dapat dijumpai dalam kehidupan sehari-hari yaitu saat menaiki kincir raksasa di taman hiburan, maka yang bergerak rotasi hanya bendanya saja, sedangkan penumpangnya tidak berotasi (Halliday, 2005: 399).

2.6.3 Persamaan Kontinuitas

Salah satu sifat fluida ideal yaitu *incompressible* yang berarti tidak dapat mengalami perubahan volume atau massa jenis untuk berbagai luasan penampang pipa. Selain itu pada fluida *incompressible* tidak akan terjadi penambahan maupun pengurangan banyaknya fluida di suatu tempat (Pauliza, 2008 : 35). Berikut ini adalah Gambar 2.1 tentang aliran fluida pada suatu bagian pipa dalam persamaan kontinuitas.



Gambar 2. 1 Aliran fluida pada suatu bagian pipa

Fluida yang mengalir pada pipa tersebut dapat dirumuskan dengan persamaan kontinuitas yaitu :

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad (2.1)$$

dengan :

A_1 dan A_2 = luas penampang pipa pada ujung 1 dan 2 (m^2)

ρ_1 dan ρ_2 = massa jenis fluida 1 dan 2 (kg/m^3)

v_1 dan v_2 = kecepatan partikel 1 dan 2 (m/s)

Apabila fluida ditekan (massa jenis ρ tidak terjadi perubahan terhadap adanya tekanan), maka merupakan hal yang baik untuk zat cair dan gas. Persamaan kontinuitas dapat diperoleh dari menyamakan massa fluida yang masuk pada pipa 1 dan keluar pada pipa 2 selama selang waktu Δt yaitu :

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = A_3 v_3 = \dots = \text{konstan} \quad (2.2)$$

Persamaan kontinuitas pada fluida yang tidak termampatkan dapat dinyatakan dengan persamaan debit konstan :

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = \text{konstan} \quad (2.3)$$

Sehingga dari persamaan 2.2, persamaan kontinuitas dapat diubah dalam bentuk :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1} \quad (2.4)$$

Keterangan :

Q = debit (m^3/s)

v_1 dan v_2 = kecepatan zat cair pada penampang A_1 dan A_2 (m/s)

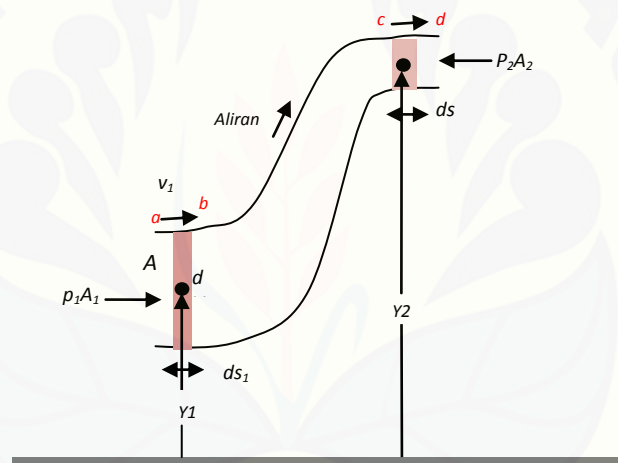
A_1 dan A_2 = luas penampang pipa 1 dan 2 (m^2)

Kecepatan ataupun kelajuan dari aliran fluida yang tidak termampatkan akan berbanding terbalik dengan daerah luas penampang yang dilaluinya. Apabila

luas penampang pipa jauh lebih besar, maka kecepatan fluida yang berada di titik itu akan lebih kecil (Giancoli, 2014: 272-273).

2.6.4 Persamaan Bernoulli

Sepanjang jalur fluida, laju aliran fluida dapat berubah. Pada ketinggian tertentu, tekanan mampu berubah seperti pada ketinggian statis dan tekanan bergantung pada laju aliran. Pada persamaan Bernoulli dapat menganalisis penerbangan pesawat, sistem perpipaan, dan stasiun pembangkit listrik tenaga air (Young and Freedman, 2002: 437). Berikut adalah Gambar 2.2 tentang gaya total yang bekerja pada elemen fluida dalam persamaan Bernoulli.



Gambar 2. 2 Gaya total yang bekerja pada elemen fluida

Pada gambar diatas menunjukkan aliran pipa. Dapat dimisalkan A_1 dan A_2 adalah luas penampang dari pipa, y_1 dan y_2 adalah ketinggian, p_1 dan p_2 adalah tekanan, dan v_1 dan v_2 adalah kecepatan aliran fluida. Asas Bernoulli berbunyi “Pada pipa mendatar, tekanan fluida yang paling besar ialah pada bagian yang mempunyai kecepatan aliran yang paling kecil, dan tekanan yang paling kecil ialah pada bagian yang mempunyai kecepatan aliran yang paling besar”. Secara sistematis, persamaan Bernoulli dapat dituliskan sebagai berikut :

$$p + \rho gy + \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (2.5)$$

Keterangan :

p = tekanan fluida (Pa atau N/m^2)

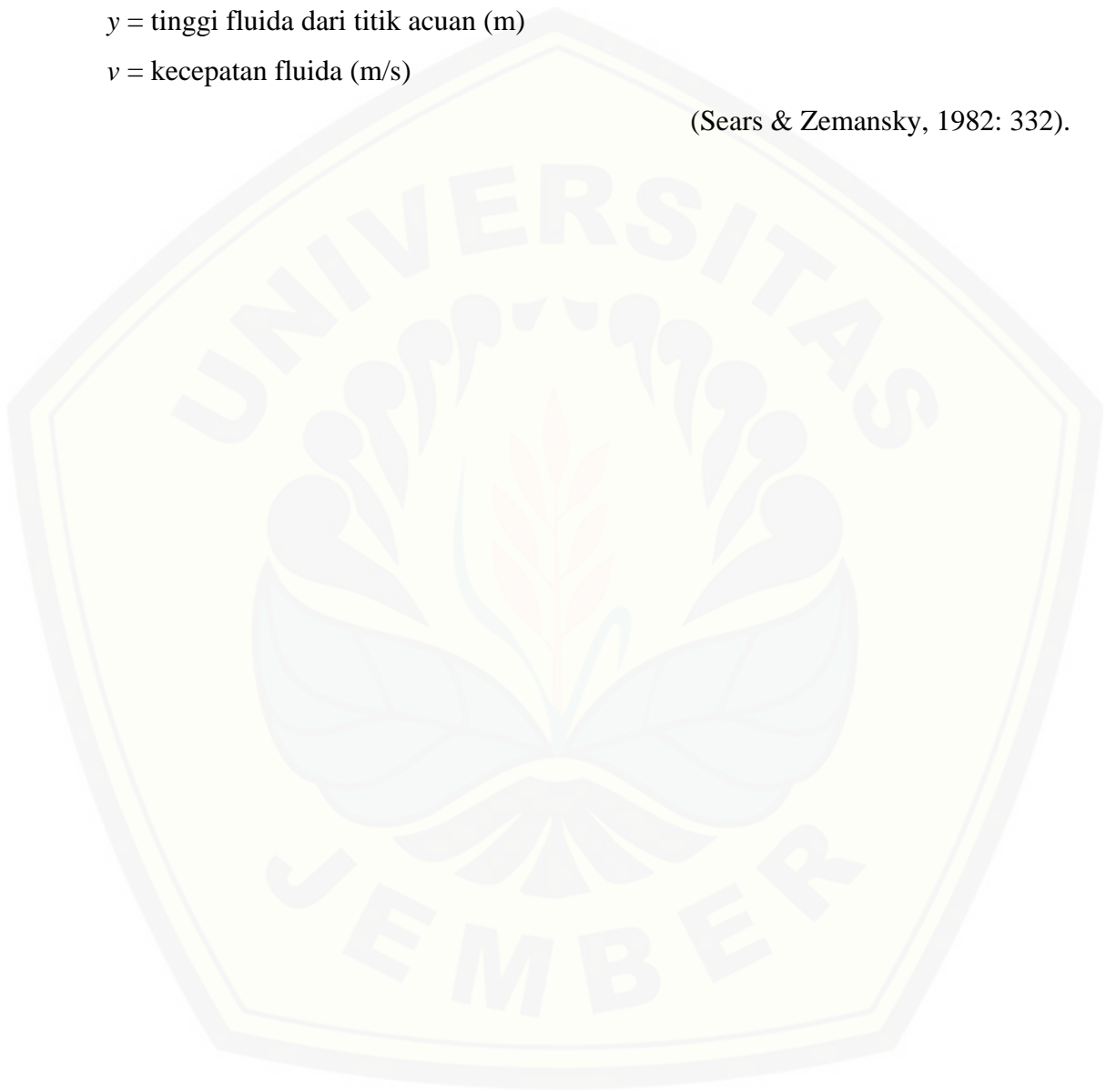
ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

y = tinggi fluida dari titik acuan (m)

v = kecepatan fluida (m/s)

(Sears & Zemansky, 1982: 332).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *Research and Development (R&D)* atau penelitian dan pengembangan. Hasil akhir dari penelitian ini adalah produk berupa modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk siswa SMA kelas XI yang dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran. Pengembangan modul ini diharapkan mampu bermanfaat dalam proses pembelajaran.

3.2 Desain Penelitian

Pengembangan modul ini menggunakan desain penelitian pengembangan 4D. Desain pengembangan 4D terdiri dari empat tahapan ialah Pendefinisian (*Define*), Perancangan (*Design*), Pengembangan (*Development*), dan Penyebaran (*Disseminate*) (Thiagarajan, 1974:5). Desain pengembangan ini dipilih karena memiliki uraian yang sistematis dan lengkap, sederhana dan mudah dipahami. Pada pengembangan ini menggunakan penilaian dari para validator. Adapun model pengembangan 4D ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3. 1 Model Pengembangan 4D

3.3 Tempat dan Waktu Uji Pengembangan

Penelitian pengembangan modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis dilaksanakan di SMAN 4 Probolinggo dengan subjek uji pengembangan siswa kelas XI tahun ajaran 2020/2021 dengan menggunakan 2 kelas uji pengembangan. Penentuan tempat penelitian menggunakan metode *purposive sampling* area berdasarkan tujuan dan pertimbangan tertentu. Adapun pertimbangan pemilihan siswa kelas XI MIPA di SMA Negeri 4 Probolinggo adalah sebagai berikut :

- a. Ketersediaan sekolah sebagai tempat untuk penelitian

- b. Belum pernah ada penelitian yang sejenis pada sekolahan tersebut
- c. Pokok bahasan modul fisika yang dikembangkan sesuai dengan subjek penelitian.

3.4 Definisi Operasional Variabel Penelitian

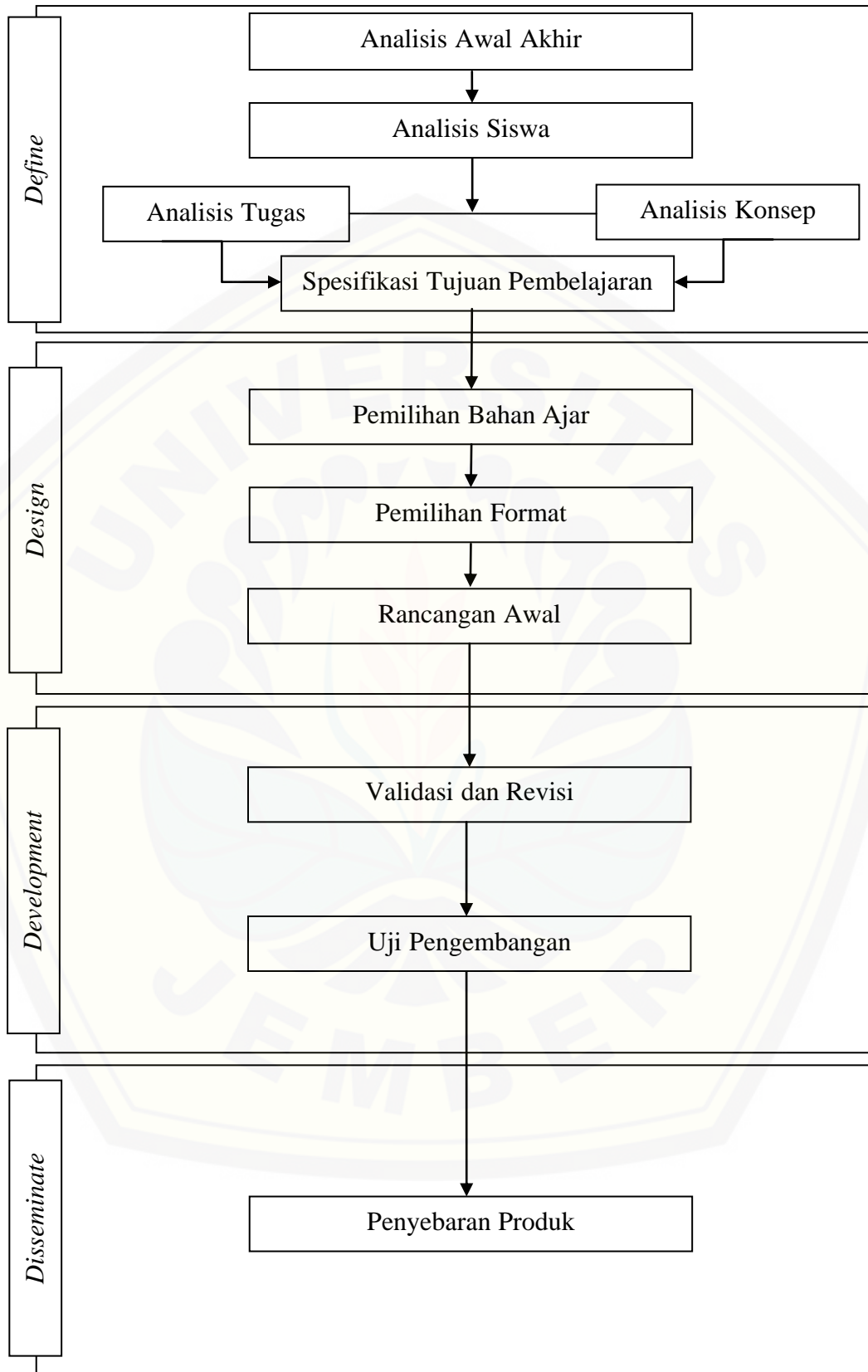
Definisi operasional yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

3.4.1 Modul dengan pendekatan STEM

Bahan ajar ialah sekumpulan perangkat pembelajaran yang didalamnya terdapat materi, strategi, keterbatasan, dan metode penilaian yang di rancang secara menarik mungkin untuk menggapai tujuan pembelajaran (Widodo & Jasmani, 2008). Salah satu jenis bahan ajar ialah modul. Modul berfungsi supaya siswa lebih dapat menguasai konsep, dan belajar secara mandiri sebab modul disusun secara sistematis. Modul ini dibuat untuk pokok bahasan fluida dinamis. Penyajian suatu materi pada modul berbasis STEM ini menggabungkan ilmu fisika dengan fenomena yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Dalam penelitian ini, pendekatan STEM yang dimaksud ialah supaya siswa dapat mempunyai kemampuan untuk menganalisis konsep fisika dalam kehidupan sehari-hari dan pemahaman terkait keempat aspek STEM yang saling berkaitan dalam satu mata pelajaran.

3.4.2 Desain Penelitian Pengembangan

Pengembangan modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis ini menggunakan desain pengembangan 4D yang dilakukan melalui empat tahapan ialah pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*development*), dan penyebaran (*disseminate*) (Thiagarajan, 1974:5). Desain pengembangan 4D ini adalah salah satu model pengembangan yang sistematis (Trianto, 2009). Pemilihan desain pengembangan ini didasarkan pada langkah pengembangan yang memenuhi segala aspek dalam pengembangan yang dibutuhkan dan tersusun secara sistematis. Adapun alur tahapan penelitian pengembangan 4D dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Alur tahapan penelitian pengembangan 4D (Thiagarajan, 1974: 6-9)

3.4.3 Validitas modul dengan pendekatan STEM

Uji validitas pada modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis dilakukan agar dapat menghasilkan modul dengan validitas tinggi dan layak digunakan. Dalam penelitian ini validasi modul berdasarkan penilaian ahli. Sudjana (2011) menyatakan bahwa validitas berkaitan dengan ketepatan instrument penilaian yang akan diukur. Instrument yang digunakan adalah lembar validasi. Modul dengan pendekatan STEM yang dikembangkan dapat memenuhi kriteria layak atau valid digunakan apabila minimal tingkat kevalidan yaitu 70,01% - 85,00% dan dapat dinyatakan sangat layak atau valid apabila tingkat kelvalidannya yaitu 85,01% - 100%.

3.4.4 Respon Siswa

Sikap dan tingkah laku peserta didik yang ditunjukkan dengan tanggapan terhadap pemahaman mengenai modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis. Apabila respon siswa besarnya *percentage of agreement* $\geq 60\%$ maka modul dengan pendekatan STEM yang dikembangkan dapat dikategorikan mendapatkan respon yang positif.

3.5 Langkah-langkah Penelitian

3.5.1 Tahap *Define* (Pendefinisian)

Pada tahapan *define* merupakan langkah awal bagi peneliti untuk menetapkan dan mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan pada modul yang akan dikembangkan. Tahapan ini meliputi 5 langkah yaitu analisis awal akhir, analisis siswa, analisis tugas, analisis konsep, dan spesifikasi tujuan pembelajaran.

a. Analisis Awal Akhir

Pada tahap ini bertujuan untuk menentukan permasalahan yang dialami oleh siswa dalam proses pembelajaran dan menetapkan serta mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan modul yang akan dikembangkan. Pada tahapan ini menggunakan teknik deskriptif kualitatif untuk mendapatkan informasi yang diperoleh dari hasil wawancara dan observasi pada kegiatan pembelajaran. Wawancara ditujukan kepada salah satu guru mata pelajaran fisika yang digunakan untuk mendapatkan informasi terkait permasalahan yang ada didalam

kelas, media pembelajaran dan sumber belajar yang digunakan. Kemudian, pada tahapan ini peneliti menganalisis kebutuhan serta permasalahan siswa meliputi materi yang relevan, strategi pembelajaran, kondisi belajar, dan motivasi belajar.

Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan melalui teknik wawancara kepada salah satu guru fisika SMA Negeri 4 Probolinggo menyatakan bahwa pada saat sebelum masa pandemi proses pembelajaran dikelas guru menggunakan buku paket dan powerpoint sedangkan pada saat masa pandemi guru menggunakan powerpoint, video, youtube dan modul. Akan tetapi modul yang digunakan di SMA Negeri 4 Probolinggo belum terintegrasi STEM dan masih belum dapat digunakan secara mandiri karena perlu adanya diskusi dan umpan balik. Selain itu, pada observasi didapatkan bahwa kegiatan pembelajaran cenderung membosankan hal ini dikarenakan keterbatasan waktu guru dalam mengajar.

b. Analisis Siswa

Tahapan ini dilaksanakan untuk mengetahui karakteristik siswa yang sesuai dengan desain dan pengembangan modul serta untuk mengetahui bagaimana ketertarikan siswa terhadap modul dengan pendekatan STEM. Materi dalam modul disusun secara runtut, logis, dan bahasa yang digunakan mudah untuk dipahami sehingga diharapkan dapat mempermudah siswa dalam menggunakan modul. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan terhadap siswa dengan mengikuti proses pembelajaran melalui media *Whatsapp* grup dan wawancara guru mata pelajaran fisika didapatkan bahwa selama proses pembelajaran siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep dan penerapan fisika dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, siswa juga mengalami kesulitan dalam pengaplikasian konsep untuk memecahkan permasalahan-permasalahan fisika. Pada proses pembelajaran dikelas dalam penyelesaian permasalahan fisika siswa hanya mengerjakan soal dengan menggunakan metode diketahui, ditanya, dan dijawab.

c. Analisis Tugas

Analisis tugas adalah suatu kumpulan dari prosedur untuk menentukan isi dalam sistem pembelajaran. Analisis tugas atau analisis kurikulum ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana materi yang akan dikembangkan pada modul

pembelajaran yang sesuai dengan keterampilan siswa. Pada analisis tugas dengan melakukan observasi pada kegiatan pembelajaran. Tujuan dari analisis tugas yaitu memudahkan dalam menyesuaikan materi dan menyusun tugas. Pada penelitian ini keterampilan siswa diuraikan berdasarkan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) dalam kurikulum 2013 pada materi fluida dinamis yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

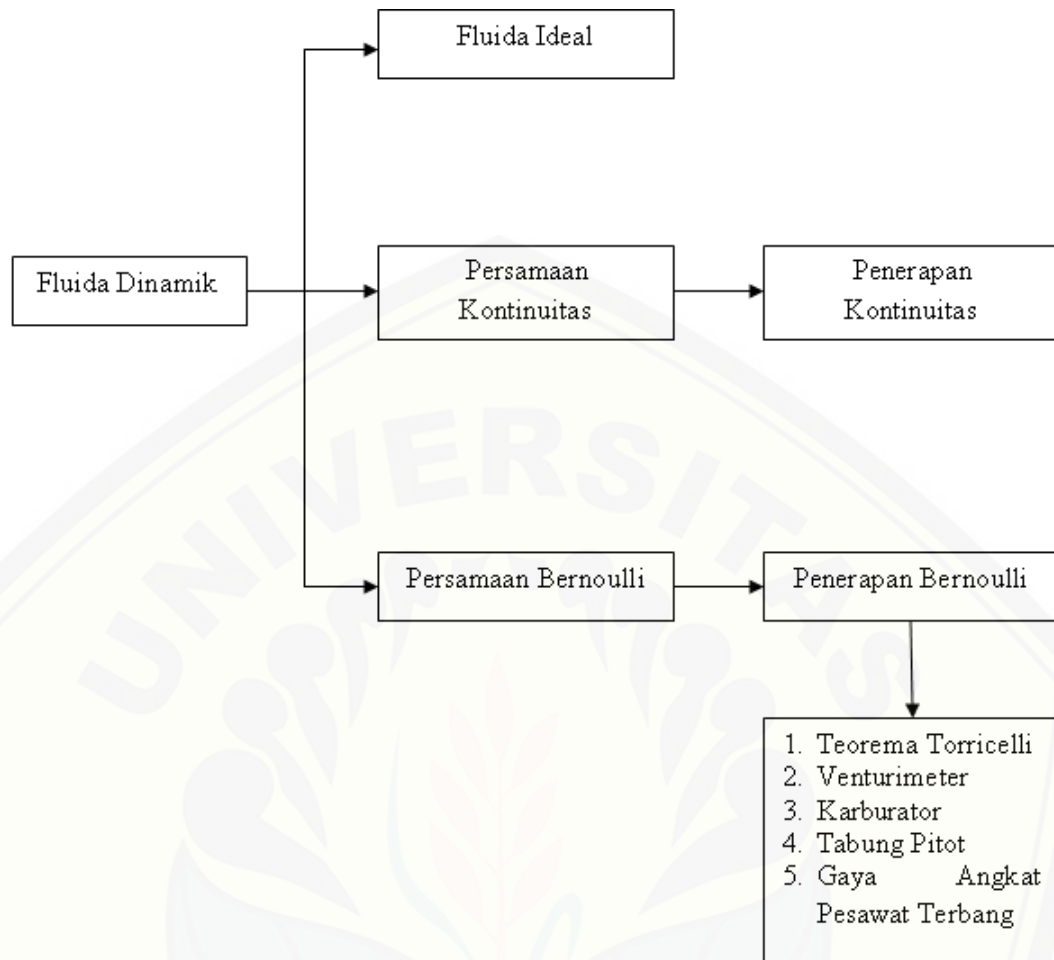
Kompetensi Inti	Kompetensi Dasar
KI-3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada pihak kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.	3.4 Menerapkan prinsip fluida dinamik dalam teknologi.
KI-4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.	4.4 Membuat dan menguji proyek sederhana yang menerapkan prinsip dinamika fluida.

(Permendikbud, 2018)

d. Analisis Konsep

Analisis konsep dilakukan untuk mengidentifikasi bagian-bagian yang penting untuk dipelajari dan materi disusun secara sistematis agar dapat lebih mudah memahami modul berdasarkan Standar Inti (SI) dan Kompetensi Dasar (KD) di silabus kurikulum 2013. Peneliti memilih materi fluida dinamis untuk dikembangkan dalam bentuk modul dengan pendekatan STEM. Analisis yang dilakukan mencakup kedalaman materi dan pengaliksiannya dalam kehidupan sehari-hari.

Secara sistematis, susunan peta konsep terhadap materi fluida dinamis yang disesuaikan dengan pengembangan modul dengan pendekatan STEM ditunjukkan pada Gambar 3.3 sebagai berikut :



Gambar 3. 3 Peta Konsep Materi Fluida Dinamis

e. Spesifikasi Tujuan Pembelajaran

Spesifikasi tujuan pembelajaran adalah suatu kegiatan untuk merumuskan tujuan pembelajaran berdasarkan hasil analisis tugas dan analisis konsep. Dalam pengembangan modul dengan pendekatan STEM, tujuan pembelajaran berdasarkan kompetensi dasar materi fluida dinamis pada silabus kurikulum 2013 sehingga hal ini dapat menjadi dasar untuk perancangan pengembangan modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis. Adapun Kompetensi Dasar (KD) dan indikator yang menjadi dasar perancangan pengembangan modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan materi fluida dinamis ditunjukkan pada Tabel 3.2, sebagai berikut :

Tabel 3.2 Kompetensi Dasar dan Indikator

Kompetensi Dasar	Indikator
3.4 Menerapkan prinsip fluida dinamik dalam teknologi.	3.4.1 Menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian fluida ideal
	3.4.2 Mengetahui ciri-ciri dan syarat fluida ideal
	3.4.3 Menjelaskan prinsip kontinuitas pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari
	3.4.4 Menganalisis penerapan prinsip kontinuitas pada berbagai teknologi
4.4 Membuat dan menguji proyek sederhana yang menerapkan prinsip dinamika fluida.	4.4.1 Menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian hukum Bernoulli
	4.4.2 Menganalisis prinsip Bernoulli pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari
	4.4.3 Menganalisis penerapan hukum Bernoulli pada berbagai teknologi (teorema torricelli, venturimeter, karburator, tabung pitot, dan gaya angkat pesawat)
	4.4.4 Merancang aplikasi asas bernoulli secara berkelompok

3.5.2 Tahap *Design* (Perancangan)

a. Pemilihan Bahan Ajar

Pada penelitian ini, peneliti memilih modul untuk dikembangkan. Tujuannya yaitu untuk mempermudah siswa dalam proses pembelajaran, sehingga mampu belajar secara mandiri tanpa bantuan dari guru mata pelajaran fisika. Modul pembelajaran fisika merupakan suatu sarana pembelajaran yang disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan pembelajaran.

b. Pemilihan Format

Pemilihan format pengembangan modul berbasis STEM pada pokok bahasan fluida dinamis untuk siswa SMA kelas XI dirancang menggunakan software *microsoft word 2007* dan *CorelDraw X7* untuk membuat *cover* desain modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis. Selain itu, juga terdapat gambar atau ilustrasi beserta penjelasannya. Format yang digunakan pada pengembangan modul ini meliputi empat aspek, ialah aspek kelayakan isi, penyajian, bahasa dan grafika.

c. Rancangan Awal

Pada tahapan ini menyiapkan materi yang akan dijadikan sebagai bahan pembuatan modul pembelajaran untuk siswa yang sesuai dengan spesifikasi produk yang dikembangkan. Materi dalam modul pembelajaran ini adalah fluida dinamis dan penyusunannya berdasarkan pada kompetensi dasar, indikator serta tujuan pembelajaran sehingga mendesain modul pembelajaran dapat dilakukan. Modul pembelajaran merupakan salah satu bahan ajar pembelajaran yang dikembangkan pada penelitian ini.

Pada rancangan awal didapatkan draft modul dengan pendekatan STEM yang terdiri bagian awal, inti dan akhir. Bagian awal terdapat cover/ halaman sampul, kemudian kata pengantar, daftar isi, dan daftar gambar. Setelah bagian awal terpenuhi maka melanjutkan dengan merancang bagian inti yang meliputi petunjuk penggunaan modul dan definisi STEM, kompetensi inti dan kompetensi dasar, peta konsep, judul bab, indikator dan tujuan pembelajaran pada kegiatan belajar 1 yang membahas fluida ideal dan persamaan kontinuitas, lalu penyajian materi yang diawali dengan fenomena yang sering dijumpai siswa dalam kehidupan sehari-hari serta terdapat pertanyaan atau permasalahan agar siswa memiliki gambaran terhadap materi yang akan dibahas. Kemudian, terdapat contoh soal, rangkuman, tes formatif dan penilaian diri agar siswa mampu mengetahui tingkat pemahamannya setelah mempelajari materi dalam modul. Jika siswa memenuhi kriteria tingkat penguasaan pada kegiatan belajar 1 maka siswa dapat melanjutkan ke kegiatan belajar selanjutnya.

Selanjutnya membuat kegiatan belajar 2 yang membahas persamaan Bernoulli dan berpacu pada indikator dan tujuan pembelajaran, lalu uraian pokok materi yang menghubungkan antara ilmu-ilmu fisika dengan konteks dalam kehidupan sehari-hari. Setelah penyajian materi selanjutnya membuat contoh soal, rangkuman, tes formatif dan penilaian diri. Penilaian diri ini digunakan agar siswa mampu mengetahui tingkat penguasaannya terhadap materi yang dipelajari pada kegiatan belajar 2. Kemudian terdapat lembar kerja siswa yang dapat dikerjakan oleh siswa secara berkelompok. Apabila bagian inti dari modul telah terpenuhi, selanjutnya ialah bagian akhir yang terdiri dari glosarium, daftar pustaka, kunci

jawaban dan halaman sampul belakang luar. Desain modul pembelajaran ini dibuat semenarik mungkin supaya dapat menghilangkan kejenuhan pada peserta didik.

3.5.3 Tahap *Development* (Pengembangan)

a. Validasi dan Revisi

1) Validasi dan Revisi I

Pada tahap validasi pertama dilakukan oleh 2 validator ahli. Pada tahapan ini dilakukan untuk mendapatkan modul pembelajaran yang layak dan memenuhi kebutuhan siswa sehingga tujuan pembelajaran dan kompetensi dasar yang telah dirumuskan dapat tercapai. Validasi ahli dilakukan oleh dosen program studi Pendidikan Fisika Universitas Jember. Hasil validasi beserta kritik dan saran dari validator dijadikan sebagai pedoman dalam memperbaiki modul yang telah dibuat. Pada tahap validasi ahli, produk divalidasi terlebih dahulu untuk selanjutnya diperbaiki sesuai dengan kritik dan saran yang diberikan oleh validator.

2) Validasi dan Revisi II

Setelah produk diperbaiki maka akan divalidasi kembali hingga produk memenuhi kriteria uji kelayakan. Produk divalidasi oleh validator pengguna yaitu salah satu guru mata pelajaran fisika di SMA Negeri 4 Probolinggo. Apabila terdapat revisi, maka akan dilakukan perbaikan hingga menghasilkan produk berupa modul yang menarik dan layak untuk digunakan. Setelah modul diperbaiki maka tahap selanjutnya yaitu uji pengembangan modul kepada siswa di SMA Negeri 4 Probolinggo.

3) Instrument Pengumpulan Data

Instrument pengumpulan data yang dibuat berupa lembar angket penilaian untuk para validator. Lembar penilaian ini digunakan untuk mengukur kelayakan dari modul pembelajaran yang telah dikembangkan sehingga dapat diimplementasikan pada proses pembelajaran. Menurut BSNP (dalam Fajarini, 2018:72) penilaian dan pemilihan buku ajar harus memperhatikan beberapa aspek yaitu kelayakan isi (kesesuaian isi dengan kurikulum), penyajian, keterbacaan atau kebahasaan dan grafika (desain) :

a) Kelayakan isi

Materi dalam modul harus sesuai dengan rencana pendidikan. Kelayakan isi suatu bahan ajar yang ditampilkan mencakup kesamaan dengan pedoman kemampuan dan keterampilan dasar, keakuratan materi yang disajikan dapat menunjang tercapainya tujuan pembelajaran, indikator dan kompetensi dasar.

b) Kelayakan Penyajian

Kelayakan penyajian adalah suatu cara yang dilakukan untuk menyusun urutan materi pada suatu bahan ajar agar mudah dipahami, menarik dan dapat meningkatkan motivasi siswa. Pada kelayakan penyajian terdapat beberapa kriteria yaitu keruntutan materi, keterkaitan materi, teknik penyajian untuk meningkatkan motivasi belajar siswa, dan kelengkapan penyajian.

c) Kelayakan Kebahasaan

Bahasa yang digunakan berdasarkan pada EYD. Pada sebuah bahan ajar, kebahasaan yang digunakan harus mudah dipahami oleh pembaca dan menarik. Bahan ajar dapat dikatakan memiliki kelayakan bahasa apabila bahasa yang digunakan tepat, sesuai dengan tingkat perkembangan pembaca serta mempunyai keruntutan dan kesatuan gagasan.

d) Grafika

Sebuah bahan ajar dapat dikatakan mempunyai kelayakan grafika jika dalam modul tersebut memiliki kelayakan bahan, format, dan desain.

b. Uji pengembangan

1) Respon Siswa

Setelah modul dengan pendekatan STEM dinyatakan valid oleh validator maka peneliti dapat melakukan uji pengembangan untuk mengetahui tanggapan ataupun respon siswa terhadap modul dengan pendekatan STEM yang dilakukan secara daring. Produk yang diberikan kepada siswa dalam bentuk *soft file* karena kondisi keadaan yang tidak memungkinkan untuk melakukan tatap muka secara langsung dengan siswa. Selanjutnya peneliti memberikan waktu kepada siswa untuk

mempelajari modul tersebut kemudian memberikan lembar angket kuisisioner untuk mengetahui tanggapan siswa terhadap modul yang diberikan.

2) Instrumen pengumpulan data

Instrumen pengumpulan data yang digunakan untuk mendapatkan respon ataupun tanggapan siswa terhadap modul yang telah dikembangkan ialah berupa lembar angket yang diberikan kepada siswa secara online melalui *google form*. Kemudian siswa diminta untuk mengisi lembar angket tersebut dengan tanda *checklist* (✓) pada setiap aspek.

3.5.4 Tahap *Disseminate* (Penyebaran)

a. Penyebaran Produk

Setelah dilakukan uji pengembangan maka penyempurnaan produk akhir diperlukan untuk mendapatkan produk yang akurat. Pada tahapan ini didapatkan produk yang tingkat kevalidannya dapat dipertanggung jawabkan dan produk ini dapat dijamin kebermanfaatannya.

Tahapan *disseminate* merupakan tahap terakhir dalam model pengembangan 4D. Dalam penelitian Pengembangan Modul dengan Pendekatan STEM Pada Pokok Bahasan Fisika Materi Fluida Dinamis untuk Siswa SMA kelas XI tahap *disseminate* dilakukan dengan memberikan *soft file* modul secara terbatas kepada guru pamong mata pelajaran fisika di SMA Negeri 4 Probolinggo.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Tujuan dari pengumpulan data yaitu untuk memperoleh data-data yang akurat, sesuai dengan tujuan penelitian dan relevan. Pada tahap ini, peneliti mendapatkan data dari lembar validasi yang dilakukan oleh validator untuk mendapatkan masukan berupa kritik, saran dan tanggapan terkait modul pembelajaran yang dikembangkan. Uji validasi ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari modul pembelajaran. Penilaian modul terdiri dari empat kategori yaitu (1) tidak valid, (2) kurang valid, (3) valid, dan (4) sangat valid. Kemudian peneliti juga mendapatkan data dari lembar angket respon siswa terhadap modul

dengan pendekatan STEM untuk mengetahui apakah modul yang dikembangkan layak digunakan atau tidak melalui pemberian skor terhadap pertanyaan yang terlampir dengan skala skor 1 hingga 4 yaitu (1) tidak setuju, (2) kurang setuju, (3) setuju, dan (4) sangat setuju.

3.7 Teknik Analisis Data

Pada penelitian ini menggunakan data deskriptif untuk mendapatkan angka rata-rata persentase. Dalam analisis data dari validator yaitu data deskriptif kualitatif yang berupa kritik dan saran, sedangkan untuk validasi modul berupa data deskriptif kuantitatif yang mengacu pada empat kategori penilaian (Widoyoko, 2012) yang di tunjukkan pada Tabel 3.3 sebagai berikut :

Tabel 3.3 Kriteria Skor Penilaian Modul

Skor	Kriteria
1	Tidak valid (jika penilaian tidak sesuai)
2	Kurang valid (jika penilaian kurang sesuai)
3	Valid (jika penilaian sesuai)
4	Sangat valid (jika penilaian sangat sesuai)

Kemudian data tersebut dianalisis secara deskriptif sesuai dengan rumus yang telah ditentukan untuk menentukan kevalidan suatu modul yang dikembangkan berdasarkan skor yang diperoleh yaitu :

- a. Menghitung skor rata-rata dari setiap aspek yang dinilai dengan persamaan sebagai berikut

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (3.1)$$

Keterangan :

\bar{X} = Skor rata-rata penilaian oleh ahli

$\sum X$ = Jumlah skor yang diperoleh

N = Jumlah pertanyaan

- b. Untuk mengetahui kevalidan dari modul yang dikembangkan, maka mengubah skor rata-rata yang diperoleh menjadi data kualitatif dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{persentase validitas} = \frac{\text{rata - rata keseluruhan aspek}}{\text{skala tertinggi penilaian}} \times 100\% \quad (3.2)$$

Sehingga dapat diperoleh kategori untuk penilaian modul dengan pendekatan STEM pada Tabel 3.4 berikut ini :

Tabel 3.4 Kriteria Kelayakan Modul dengan Pendekatan STEM

Nilai	Kriteria	Keputusan
85,01% - 100%	Sangat Valid	Apabila semua item modul sesuai dan dapat digunakan tanpa revisi
70,01% - 85,00%	Valid	Apabila semua item modul sesuai tetapi ada sedikit kekurangan dan dapat digunakan meskipun terdapat revisi
50,01% - 70,00%	Kurang Valid	Apabila semua item pada modul dinilai kurang sesuai, terdapat banyak kekurangan, maka perlu dilakukan revisi
01,00% - 50,00%	Tidak Valid	Apabila semua item modul yang dinilai tidak sesuai dan banyak kekurangan maka tidak boleh dipergunakan

(Akbar, 2015).

Kriteria kelayakan modul menyatakan bahwa modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis yang dikembangkan dapat dikatakan memiliki validitas yang baik jika minimal tingkat validitas yang dicapai, yaitu 70,01% - 100%. Apabila tingkat validitas yang dicapai dibawah kriteria valid sehingga perlu dilakukan revisi terhadap modul berdasarkan saran dari validator sehingga dapat diperoleh modul yang valid.

- c. Angket respon siswa terhadap Modul dengan Pendekatan STEM Pada Pokok Bahasan Fisika Materi Fluida Dinamis menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif untuk mengolah data yang didapat dari angket. Siswa mengisi angket secara *online* melalui *google form* dengan memilih opsi pada kolom aspek yang diukur sebagai berikut : 1) skor 1 mewakili pilihan “tidak setuju”, 2) skor 2 mewakili pilihan “kurang setuju”, 3) skor 3 mewakili “setuju”, dan 4) skor 4 mewakili “sangat setuju”. Kemudian untuk mengetahui respon siswa, maka dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Trianto, 2010 : 234) :

$$V_a = \frac{A}{B} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan :

V_a = Tingkat Kesesuaian

A = Proporsi jumlah siswa yang memilih

B = Jumlah siswa

Penilaian respon siswa berdasarkan pada nilai presentase respon siswa dengan kategori respon siswa yang ditunjukkan pada Tabel 3.5 sebagai berikut :

Tabel 3.5 Kriteria Respon Siswa

Kategori Respon Siswa	Interval
Sangat Kurang Positif	$PR < 20\%$
Kurang	$20\% \leq PR < 40\%$
Cukup	$40\% \leq PR < 60\%$
Positif	$60\% \leq PR < 80\%$
Sangat Positif	$80\% \leq PR < 100\%$

(Arikunto, 2010:257).

Tabel 3.6 Kriteria Skor Respon siswa

Skor	Kriteria
1	Tidak Setuju
2	Kurang Setuju
3	Setuju
4	Sangat Setuju

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dipaparkan hasil pengembangan modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi Fluida Dinamis dan pembahasannya setelah dilakukan uji pengembangan di SMA Negeri 4 Probolinggo pada bulan April 2021 semester genap tahun pelajaran 2020/2021.

4.1 Hasil Pengembangan

Penelitian ini adalah penelitian pengembangan yang menghasilkan produk berupa modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi Fluida Dinamis untuk siswa SMA kelas XI. Modul ini dikembangkan dengan tujuan agar dapat memudahkan siswa dalam memahami materi Fluida Dinamis. Desain penelitian pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain penelitian 4D yang meliputi *Define* (pendefinisian), *Design* (perancangan), *Development* (pengembangan) dan *Disseminate* (penyebaran).

4.1.1 Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tahapan pendefinisian dari desain pengembangan 4D merupakan langkah awal untuk menentukan, memperoleh dan mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Pada tahapan ini peneliti menetapkan kebutuhan pada proses pembelajaran.

a. Analisis awal-akhir

Analisis awal akhir pada penelitian pengembangan ini bertujuan untuk memperoleh dan menetapkan permasalahan yang dihadapi dalam proses pembelajaran fisika di SMA Negeri 4 Probolinggo sehingga diperlukan solusi yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Kegiatan analisis awal akhir yang dilakukan peneliti dengan melakukan wawancara kepada satu guru mata pelajaran fisika di kelas XI MIPA dan observasi pada proses pembelajaran. Wawancara ini dilakukan untuk mengetahui permasalahan apa saja yang terjadi dalam proses pembelajaran, sumber belajar, dan media pembelajaran yang digunakan. Data hasil wawancara tersebut dijadikan dasar bagi pengembangan modul pembelajaran fisika sehingga mampu mengatasi permasalahan-

permasalahan dalam pembelajaran fisika dan yang dialami siswa di sekolah tersebut.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan menunjukkan bahwa pada saat sebelum pandemi Covid 19, sumber belajar yang digunakan berupa buku paket yang disediakan oleh sekolah dan media pembelajaran powerpoint, sedangkan saat pandemi Covid-19 menggunakan sumber belajar berupa modul, serta media pembelajaran meliputi powerpoint, video dan youtube. Modul yang digunakan oleh siswa kelas XI MIPA di SMA Negeri 4 Probolinggo berpacu pada materi dan latihan soal serta belum terintegrasi STEM sehingga belum dapat digunakan secara mandiri oleh siswa karena masih diperlukan umpan balik dan diskusi dengan guru.

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan oleh peneliti dengan mengikuti proses pembelajaran didapatkan bahwa proses pembelajaran cenderung membosankan sehingga siswa mengalami kesulitan dalam memahami materi dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari terutama pada masa pandemi. Hal ini disebabkan karena segala keterbatasan terutama pada masa pandemi sehingga waktu belajar siswa bersama guru menjadi berkurang. Oleh karena itu, dalam penelitian ini peneliti memilih untuk mengembangkan modul dengan pendekatan STEM dengan tujuan untuk memudahkan siswa dalam memahami konsep dan aplikasi fisika dalam kehidupan sehari-hari, memecahkan permasalahan, berinovasi, dan membuat siswa tertarik dalam belajar fisika.

b. Analisis Siswa

Pada analisis ini peneliti melakukan observasi terhadap siswa dengan mengikuti proses pembelajaran yang berlangsung melalui media *Whatsapp grup* dan wawancara kepada guru mata pelajaran fisika kelas XI MIPA. Observasi dan wawancara ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik siswa dan permasalahan yang dihadapi siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Kemudian, analisis tersebut dijadikan sebagai dasar oleh peneliti untuk membuat sebuah modul yang mampu menjadi solusi dalam permasalahan yang dihadapi siswa.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang telah dilakukan, didapatkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep

fisika dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, siswa juga kesulitan terhadap pengaplikasian konsep untuk memecahkan permasalahan fisika

c. Analisis Tugas

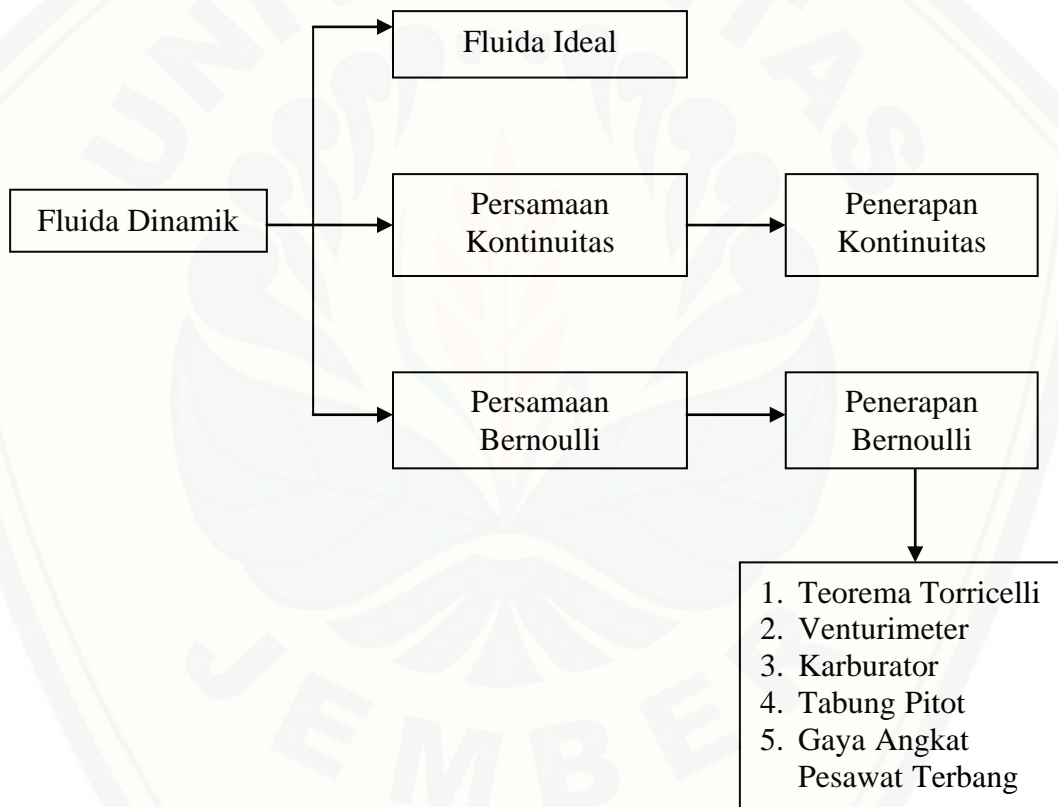
Pada analisis tugas, peneliti melakukan observasi dengan mengikuti kegiatan pembelajaran. Tujuan dari analisis ini yaitu untuk mengetahui permasalahan yang dihadapi oleh siswa dan untuk memudahkan penyusunan materi yang akan disajikan dalam modul. Berdasarkan hasil observasi diketahui bahwa selama proses pembelajaran siswa mengerjakan latihan soal yang cukup sederhana sehingga siswa sering mengalami kesulitan apabila menjumpai soal-soal yang memuat pengaplikasian konsep untuk memecahkan permasalahan fisika.

Selanjutnya, peneliti melakukan analisis tugas yang dilakukan berdasarkan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) pada kurikulum 2013 yang kemudian dijabarkan dalam indikator pembelajaran pada materi fluida dinamis. Kemudian, analisis tugas dilakukan dengan cara membagi materi fluida dinamis menjadi dua kegiatan belajar. Pada kegiatan belajar 1 membahas tentang fluida ideal, dan persamaan kontinuitas. Pada kegiatan belajar 2 membahas mengenai hukum Bernoulli serta penerapannya. Selain itu, pada setiap akhir kegiatan belajar terdapat tes formatif beserta penilaian diri untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa setelah mempelajari materi yang disajikan. Pada akhir modul juga terdapat lembar kerja siswa yang sederhana dari penerapan materi hukum Bernoulli.

d. Analisis Konsep

Analisis konsep yang dilakukan saat peneliti melakukan penelitian di SMA Negeri 4 Probolinggo yaitu dengan mengidentifikasi bagian-bagian penting yang akan dipelajari dan penyusunan materi secara sistematis sehingga dapat memudahkan siswa dalam memahami materi yang dijelaskan dalam modul. Selain itu, pemetakan konsep pada materi fluida dinamis juga dapat membantu guru pada saat proses pembelajaran yaitu menyesuaikan materi yang diberikan dengan durasi mengajar sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai. Analisis ini berdasarkan analisis awal-akhir yang memuat dasar permasalahan yang dihadapi dalam proses

pembelajaran, Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD), dan kurikulum 2013 (K13). Hal ini didukung oleh hasil wawancara yang dilakukan kepada guru mata pelajaran fisika yang menyatakan bahwa modul yang digunakan saat pembelajaran fisika belum terintegrasi dengan STEM. Konsep pada Fluida Dinamis yang disajikan dalam modul dibagi menjadi dua kegiatan belajar. Materi fluida ideal dan persamaan kontinuitas dimuat dalam kegiatan belajar 1. Selanjutnya, materi hukum Bernoulli dan aplikasi dalam kehidupan sehari-hari dimuat dalam kegiatan belajar 2. Adapun peta konsep materi fluida dinamis disajikan pada Gambar 4.1 sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Peta Konsep Materi Fluida Dinamis

e. Spesifikasi Tujuan Pembelajaran

Berdasarkan analisis tugas, dan analisis konsep yang telah dilakukan oleh peneliti, maka tahap selanjutnya melakukan perumusan tujuan pembelajaran. Selain berdasarkan hasil analisis tugas dan konsep, perumusan tujuan pembelajaran juga mengacu pada Kompetensi Dasar (KD) materi fluida dinamis

pada silabus kurikulum 2013 dan indikator pembelajaran pada Tabel 3.2. Adapun tujuan pembelajaran yang disajikan pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Tujuan Pembelajaran

No.	Tujuan Pembelajaran
1.	Siswa mampu menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian fluida ideal
2.	Siswa mampu mengetahui ciri-ciri dan syarat fluida ideal
3.	Siswa mampu menjelaskan prinsip kontinuitas pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari
4.	Siswa mampu menganalisis penerapan prinsip kontinuitas pada berbagai teknologi
5.	Siswa mampu menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian hukum Bernoulli
6.	Siswa mampu menganalisis prinsip Bernoulli pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari
7.	Siswa mampu menganalisis penerapan hukum Bernoulli pada berbagai teknologi
8.	Siswa mampu merancang aplikasi Hukum Bernoulli secara berkelompok

4.1.2 Tahap Perancangan (*Design*)

Pada tahap perancangan bertujuan untuk merancang modul yang akan dikembangkan sesuai dengan hasil analisis permasalahan pada tahap pendefinisian. Pada tahapan ini meliputi tahapan pemilihan jenis bahan ajar yang akan dikembangkan, pemilihan format dan rancangan awal dari modul sehingga menghasilkan draf modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis yang kemudian akan divalidasi oleh validator ahli dan validator pengguna.

a. Pemilihan Bahan Ajar

Pada penelitian ini, peneliti memilih bahan ajar berupa modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk dikembangkan berdasarkan hasil analisis tahap pendefinisian. Tujuan dari pengembangan modul yaitu memudahkan siswa dalam belajar secara mandiri atau tidak selalu bergantung kepada guru. Selain itu, modul ini dirancang semenarik mungkin agar dapat menarik perhatian siswa sehingga dapat meningkatkan minat belajar siswa.

b. Pemilihan Format

Format yang digunakan dalam merancang modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi Fluida Dinamis menggunakan *Microsoftword 2007* untuk menyusun materi dan desain *layout* serta dibantu dengan *CorelDraw XI1* untuk pembuatan *cover* desain modul. Penulisan materi pada modul menggunakan jenis huruf *Times New Roman* dengan ukuran *font* 12-16. Struktur penulisan pada modul bertujuan supaya modul dapat mudah dibaca oleh siswa. Pemilihan jenis dan ukuran huruf dalam modul yang sesuai dapat memudahkan siswa dalam mempelajari materi yang disajikan dalam modul (Nurhadryani *et al*, 2013). Pada modul juga disajikan berbagai ilustrasi gambar. Modul ini digunakan dalam pembelajaran fisika agar siswa mampu belajar secara mandiri, memudahkan siswa dalam belajar dan menarik perhatian siswa dalam belajar fisika.

c. Format Modul

Format Modul dilakukan setelah peneliti melakukan analisis untuk mendapatkan dasar permasalahan yang dialami siswa sehingga diperoleh format yang akan dimuat dalam modul. Pada draft modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis akan dibagi menjadi 2 kegiatan belajar. Kegiatan belajar satu membahas tentang fluida ideal dan persamaan kontinuitas. Pada kegiatan belajar dua membahas tentang hukum Bernoulli dan aplikasinya serta terdapat lembar kerja siswa terhadap penerapan hukum Bernoulli. Adapun format modul dari modul dengan Pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis sebagai berikut:

1) Bagian Awal

Pada bagian awal modul terdapat cover atau halaman sampul yang berisi judul modul, nama penulis dan logo. Desain cover pada modul dibuat semenarik mungkin untuk menarik perhatian siswa. Pada halaman selanjutnya terdapat kata pengantar yang memuat ulasan singkat tentang materi yang dibahas serta manfaat dari modul. Kemudian, terdapat daftar isi modul yang menyajikan urutan isi modul dengan judul bab dan subbab yang disertai nomor halaman, serta terdapat

daftar gambar. Adapun cover depan modul yang disajikan pada Gambar 4.2 sebagai berikut:



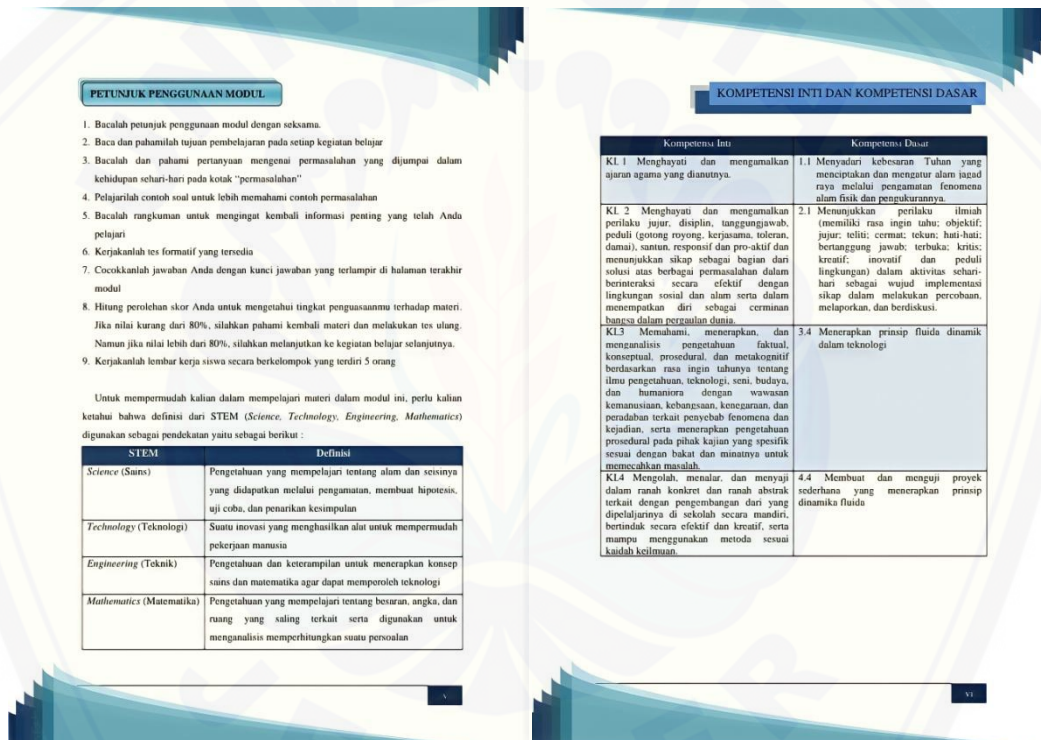
Gambar 4. 2 Cover Depan Modul

2) Bagian Inti

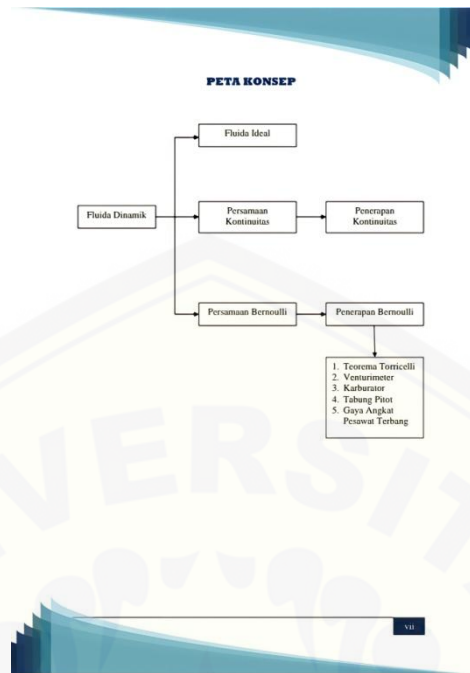
Setelah bagian awal pada draf modul telah terpenuhi maka selanjutnya merancang bagian inti pada modul yang menyajikan isi dari modul yang telah disusun oleh penulis. Pada bagian ini terdapat petunjuk penggunaan modul dan definisi STEM, serta Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD). Kemudian terdapat peta konsep materi fluida dinamis yang akan dibahas dalam modul.

Selanjutnya memuat judul bab yang akan di bahas yaitu pada kegiatan belajar satu membahas tentang fluida ideal dan persamaan kontinuitas serta terdapat indikator dan tujuan pembelajaran. Setelah itu menyajikan materi yang diawali dengan fenomena yang sering dijumpai siswa dalam kehidupan sehari-hari, dan terdapat permasalahan sehingga siswa mendapatkan gambaran terhadap materi yang akan dibahas. Pada materi yang disajikan, diikuti dengan adanya berbagai ilustrasi gambar supaya dapat menarik perhatian siswa. Selain itu, terdapat contoh soal, rangkuman materi, tes formatif serta penilaian diri siswa terhadap materi yang telah dipelajari pada kegiatan belajar satu. Jika tingkat

penguasaan siswa memenuhi kriteria, maka dapat melanjutkan pada kegiatan belajar selanjutnya. Namun apabila tidak memenuhi kriteria maka harus mengulangi kegiatan belajar satu. Selanjutnya, terdapat kegiatan belajar 2 tentang hukum Bernoulli dan aplikasinya serta terdapat indikator dan tujuan pembelajaran yang akan dicapai. Pada kegiatan belajar dua memuat suatu permasalahan yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari yang disertai uraian materi yang disertai ilustrasi gambar. Kemudian terdapat contoh soal, tugas proyek, rangkuman materi hukum Bernoulli, tes formatif dan penilaian penguasaan siswa serta terdapat lembar kerja siswa.



(a) (b)
Gambar 4. 3 Petunjuk penggunaan modul (a) dan (b) KI dan KD



Gambar 4. 4 Peta Konsep

KEGIATAN BELAJAR 1
FLUIDA IDEAL DAN PERSAMAAN KONTINUITAS

Indikator Pembelajaran
3.4.1 Menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian fluida ideal
3.4.2 Mengetahui ciri-ciri dan syarat fluida ideal
3.4.3 Menjelaskan prinsip kontinuitas pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari
3.4.4 Menganalisis penerapan prinsip kontinuitas pada berbagai teknologi

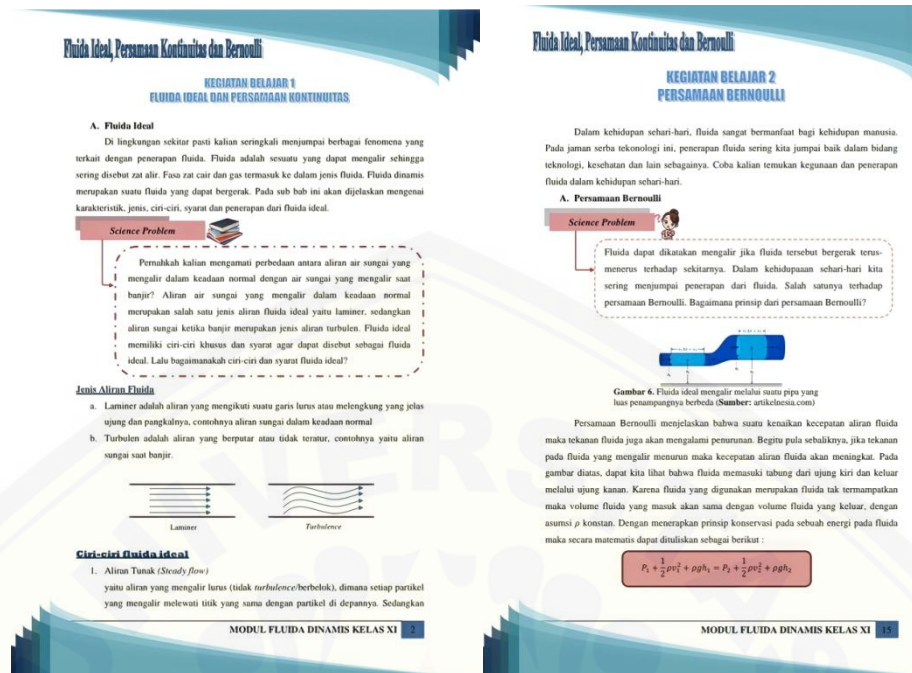
Tujuan Pembelajaran
Melalui modul STEM siswa mampu :
1. Menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian fluida ideal
2. Mengetahui ciri-ciri dan syarat fluida ideal
3. Menjelaskan prinsip kontinuitas pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari
4. Menganalisis penerapan prinsip kontinuitas pada berbagai teknologi

KEGIATAN BELAJAR 2
HUKUM BERNOULLI DAN APLIKASINYA

Indikator Pembelajaran
3.4.5 Menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian Hukum Bernoulli
3.4.6 Menganalisis prinsip Bernoulli pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari
3.4.7 Menganalisis penerapan Hukum Bernoulli pada berbagai teknologi (teorema torricelli, venturimeter, karburator, tabung pitot dan gaya angkat pesawat)
3.4.8 Merancang aplikasi asas Bernoulli secara berkelompok

Tujuan Pembelajaran
Melalui modul STEM siswa mampu :
1. Menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian Hukum Bernoulli
2. Menganalisis prinsip Bernoulli pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari
3. Menganalisis penerapan Hukum Bernoulli pada berbagai teknologi (teorema torricelli, venturimeter, karburator, tabung pitot dan gaya angkat pesawat)
4. Merancang aplikasi asas Bernoulli secara berkelompok

Gambar 4. 5 Indikator dan tujuan pembelajaran pada kegiatan belajar 1 dan 2



Gambar 4. 6 Uraian Materi

Contoh Soal

Pipa saluran air bawah tanah memiliki bentuk seperti gambar dibawah ini!

Apabila luas penampang pipa besar dan pipa kecil adalah 5 m^2 dan 2 m^2 , sedangkan kecepatan aliran air pipa besar adalah 15 m/s . Tentukanlah kecepatan aliran air saat mengalir melewati pipa kecil!

Diketahui : $A_1 = 5 \text{ m}^2$
 $A_2 = 2 \text{ m}^2$
 $v_1 = 15 \text{ m/s}$

Ditanya : $v_2 \dots ?$

Jawab :

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$(5)(15) = (2)v_2$$

$$v_2 = \frac{(5)(15)}{(2)}$$

$$v_2 = 37,5 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan aliran air v yang mengalir melewati pipa kecil adalah $37,5 \text{ m/s}$

Gambar 4. 7 Contoh Soal

Rangkuman

1. Fluida dinamis merupakan suatu fluida yang dapat bergerak
2. Jenis aliran fluida :
 - Laminer adalah aliran yang mengikuti suatu garis lurus atau melengkung yang jelas ujung dan pangkalnya
 - Turbulen adalah aliran yang berputar atau tidak teratur
3. Ciri-ciri fluida ideal
 - Aliran Tunak (*Steady flow*) atau laminer
 - Aliran yang tak termampatkan (*Incompressible flow*)
 - Aliran tidak viskos (*Nonviscous flow*)
 - Aliran tidak berotasi (*Irrrotational flow*)
4. Debit merupakan besaran fisis yang menyatakan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang tiap satuan waktu. Persamaan debit aliran yaitu.

$$Q = \frac{V}{t} \text{ atau } Q = Av$$
5. Adapun bunyi persamaan kontinuitas, "Untuk fluida tak termampatkan (*incompressible*), hasil kali dengan luas penampang A dengan besarnya kecepatan fluida v selalu tetap". Berikut adalah persamaan kontinuitas

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \text{ atau } Q_1 = Q_2$$

Gambar 4. 8 Rangkuman

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Tes Formatif

1. Perhatikan sifat-sifat fluida berikut :
 - (1) Aliran tidak viskos
 - (2) Aliran bersifat tunak
 - (3) Aliran tidak termampatkan
 - (4) Aliran turbulen
 Pernyataan yang benar tentang fluida ideal adalah...
 - a. (1), (2), dan (3)
 - b. (1) dan (3)
 - c. (2) dan (4)
 - d. (4) saja
 - e. Semua benar
2. Jika luas penampang pipa A = 10 cm² dan pipa B = 4 cm². Jika kecepatan aliran air pada pipa A = 10 m/s, maka kecepatan aliran air pada pipa B adalah...(UN 2004)
 - a. 25 m/s
 - b. 20 m/s
 - c. 15 m/s
 - d. 10 m/s
 - e. 5 m/s
3. Perhatikan gambar penampang pipa berikut!

Air mengalir dari pipa A ke B terus ke C. Perbandingan luas penampang A dengan penampang C adalah 8 : 3. Jika aliran di penampang A adalah v maka kecepatan aliran pada pipa C adalah... (UN 2012)

 - a. $\frac{1}{8}v$
 - b. $\frac{3}{8}v$
 - c. v
 - d. $\frac{8}{3}v$
 - e. 8v

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

PENILAIAN DIRI

Setelah menjawab semua soal Tes Formatif dalam Kegiatan Belajar 1, cocokkanlah jawaban kamu dengan kunci jawaban yang terlampir pada bagian akhir modul. Kemudian, hitunglah jumlah jawaban benar untuk mengetahui tingkat penguasaan kamu pada Kegiatan Belajar 1 menggunakan rumus berikut :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{jumlah skor benar}}{\text{jumlah soal}} \times 100\%$$

Keterangan :


90% - 100%	: Baik sekali
80% - 89%	: Baik
70% - 79%	: Cukup
< 70%	: Kurang

Jika tingkat penguasaan kamu 80% atau lebih, maka bisa melanjutkan ke Kegiatan Belajar 2. Namun jika tingkat penguasaan kamu masih kurang dari 80%, maka kamu harus mengulangi Kegiatan Belajar 1 ini, terutama bagian yang belum dipahami.

(a) (b)
Gambar 4. 9 Tes formatif (a) dan (b) penilaian diri

ENGINEERING PROJECT

Membuat Miniatur Pesawat Terbang



Sumber: <https://mahoganymodels.com>

Pernahkah kamu melihat pesawat terbang? Pesawat terbang diterbangkan pertama kali oleh Wrigh bersaudara. Seiring perkembangan jaman, bentuk, dan mesin pesawat terbang mulai disempurnakan. Setelah mempelajari konsep-konsep penting terkait fluida dinamis salah satunya konsep Hukum Bernoulli, maka diharapkan kamu dapat membuat miniatur pesawat terbang dengan menggunakan bahan-bahan yang tersedia dilingkungan sekitar. Rancanglah miniatur pesawat terbang semenarik dan seunik mungkin sehingga dapat menarik perhatian orang lain untuk memilikinya. Dalam pembuatan miniatur pesawat terbang ini, tulislah langkah-langkah dalam pembuatannya dan hendaknya memperhatikan prinsip-prinsip Hukum Bernoulli sehingga memperoleh desain pesawat terbang yang benar-benar aerodinamis.

Gambar 4. 10 Engineering project

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Lembar Kerja Siswa

Kelompok/ Kelas :
 Nama Anggota/ No Absen : 1.
 2.
 3.
 4.
 5.

"Teorema Torricelli"

A. Kegiatan Pembelajaran

- Siswa membentuk kelompok dengan anggota 5 orang
- Setiap kelompok melakukan praktikum dan berdiskusi menyelesaikan soal diskusi

B. Alat dan Bahan

- Paku/solder (1 buah)
- Mister (1 buah)
- Spidol (1 buah)
- Plester (1 buah)
- Gunting (1 buah)
- Botol Plastik 1,5 L. (1 buah)
- Air

C. Prosedur Percobaan

- Buatlah 3 lubang pada botol plastik menggunakan paku/solder dengan jarak antar lubang memiliki interval 5 cm diukur dari alas botol dan diameter lubang dibuat sama.
- Jarak antar lubang ditulis dengan spidol agar terlihat jelas. Kemudian tutuplah ketiga lubang tersebut menggunakan plester.
- Isilah botol dengan air hingga penuh, lalu bukalan plester pada penutup lubang pertama.
- Ukurlah jarak jangkauan pancaran air ketika sampai ditawah dalam waktu 1 sekon menggunakan mistar.

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

- Amatilah kecepatan pancaran air yang keluar dari awal hingga habis
- Lakukan langkah ke 3-5 secara bergantian untuk lubang ke 2 dan 3
- Kemudian catat hasil pengamatan pada tabel hasil pengamatan

D. Data Hasil Pengamatan

Tabel Pengamatan

Lubang	h (cm)	h ₀ (cm)	X (cm)	Perhitungan dengan teori		
				v (m/s)	t (sekon)	X (cm)
I						
II						
III						

E. Analisis Data

- Analisislah tabel hasil pengamatan kalian! Bagaimana kecepatan pancaran air pada ketiga lubang tersebut? Lubang manakah yang memancarkan air paling kuat dan manakah yang paling lemah? Jelaskan.
- Bagaimanakah jangkauan pancaran air pada setiap lubang? Lubang manakah yang memiliki jangkauan terjauh? Urutkanlah berdasarkan jangkauan yang terjauh hingga terdekat.
- Apa sajakah faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan dan jangkauan pancaran air? Jelaskan.

F. Kesimpulan Percobaan

Buatlah kesimpulan mengenai hasil percobaan tersebut.

.....

.....

.....

Gambar 4. 11 LKS Teorema Torricelli

3) Bagian Akhir

Apabila bagian inti modul telah terpenuhi, maka dapat dilanjutkan dengan bagian akhir modul. Pada bagian akhir modul terdapat glosarium yang memuat istilah-istilah yang jarang dijumpai siswa, daftar pustaka, kunci jawaban soal formatif pada kegiatan belajar satu dan dua serta terdapat halaman sampul belakang. Desain modul dibuat semenarik mungkin agar dapat menarik perhatian siswa sehingga siswa tidak jenuh atau bosan ketika menggunakan modul dalam proses pembelajaran.

Glosarium

Aerodinamis	: bentuk desain luar kendaraan yang ditujukan untuk mengurangi pengaruh pergerakan udara yang dapat mempengaruhi kestabilan kendaraan ketika bergerak.
Diffuser	: alat yang digunakan untuk memperlambat aliran udara dan meningkatkan tekanan statis dari fluida yang melewati suatu sistem.
Inlet	: alat yang terletak di depan kompresor, berfungsi sebagai tempat masuknya udara yang diperlukan untuk terjadinya pembakaran di dalam ruang bakar (<i>burner</i>)
Nosel	: alat untuk mengontrol arah atau karakteristik fluida saat keluar dari ruangan tertutup melalui suatu lubang.

Gambar 4. 12 Glosarium

DAFTAR PUSTAKA

- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta:Erlangga.
- Halliday, D., J. Walker, dan R. Resnick. 2005. *Fisika Dasar Edisi Ketujuh Jilid 1*. Jakarta:Erlangga.
- Salim, A., dan S. Taib. 2018. *Fisika Dasar 1*. Yogyakarta : Budi Utama.
- Sears, F.W., and Zemansky, M.W. 1982. *Fisika untuk Universitas Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Surya, Y. 2009. *Mekanika dan Fluida Buku 2*. Tangerang : Kandel.

Gambar 4. 13 Daftar pustaka

KUNCI JAWABAN

Kegiatan Belajar 1	
1	A
2	A
3	D
4	E
5	B
6	C
7	A
8	C
9	D
10	A

Kegiatan Belajar 2	
1	D
2	D
3	C
4	A
5	E
6	B
7	C
8	E
9	C
10	C

Gambar 4. 14 Kunci jawaban



Program Studi Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember



Gambar 4. 15 Cover belakang modul

4.1.3 Tahap Pengembangan (*Development*)

Pada tahap pengembangan bertujuan untuk menghasilkan modul yang layak digunakan oleh siswa dalam proses pembelajaran. Pada kegiatan ini peneliti melakukan validasi kepada validator ahli dan pengguna serta melakukan uji coba berupa respon siswa terhadap modul yang dikembangkan.

a. Validasi dan Revisi

Sebelum modul yang dikembangkan diuji cobakan kepada siswa, maka dilakukan validasi modul terlebih dahulu. Rancangan modul yang telah dibuat akan divalidasi oleh para validator (dua validator ahli dan satu validator pengguna) dengan tujuan untuk mendapatkan modul pembelajaran yang layak digunakan dan mampu memenuhi kebutuhan siswa sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai.

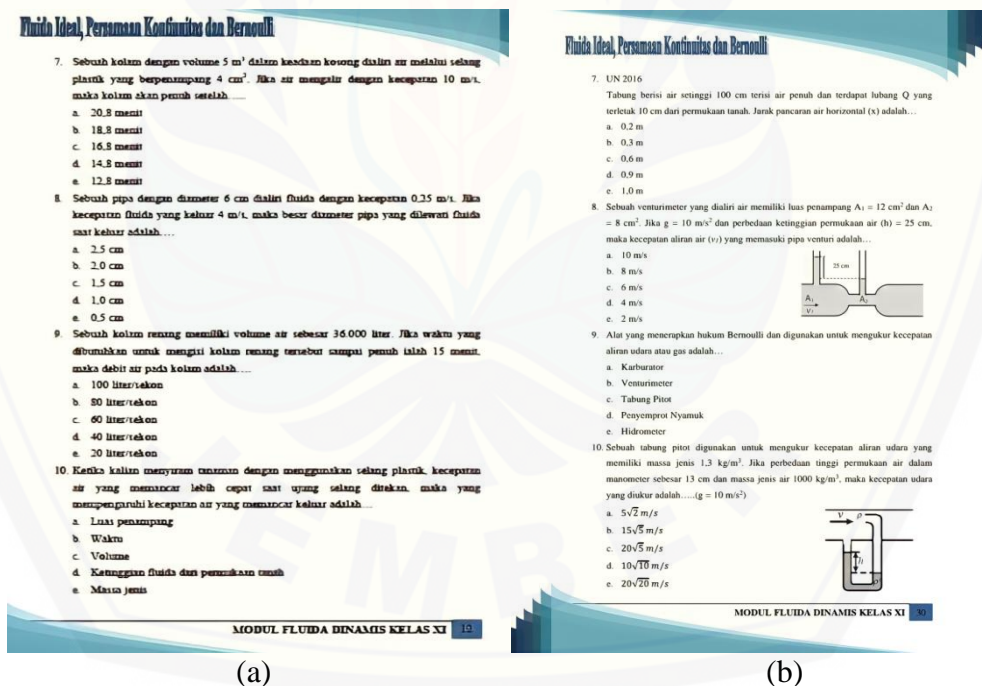
1) Validasi dan Revisi I

Validasi pertama dilakukan terlebih dahulu sebelum draf modul divalidasi oleh validator pengguna. Validasi pertama dilakukan oleh para validator ahli yang merupakan dosen pendidikan fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Adapun validator ahli yaitu Dr. Singgih Bektiarso, M.Pd selaku validator ahli 1 dan Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si selaku validator ahli 2. Pelaksanaan validasi pada tiap validatornya dilakukan secara terpisah dan dilakukan secara online maupun offline dengan memberikan instrument validasi berupa lembar angket penilaian beserta draf modul. Analisis data validasi adalah data deskriptif kualitatif berupa kritik ataupun saran dan deskriptif kuantitatif yang mengacu pada empat aspek kelayakan. Skor yang diberikan dalam penilaian validasi terdiri dari skala 1 sampai 4 yaitu (1) tidak valid, (2) kurang valid, (3) valid, dan (4) sangat valid. Selain itu, pada lembar validasi juga terdapat kolom agar validator dapat memberikan kritik maupun saran. Hasil analisis data validitas yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.3. Kemudian, hasil kritik ataupun saran dari validator dijadikan pedoman untuk memperbaiki modul. Adapun perbaikan yang harus dilakukan untuk memperbaiki modul berdasarkan saran dari para validator ahli dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Saran Perbaikan Modul Validator Ahli

No.	Validator	Saran	Perbaikan
1.	Dr. Singgih Bektiarso, M.Pd	Terdapat beberapa beberapa ejaan yang kurang tepat	Memperbaiki ejaan yang kurang tepat
2.	Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si	Menambah variasi soal dan memperjelas simbol pada gambar	Penambahan soal tes formatif dan memperjelas simbol gambar

Berdasarkan Tabel 4.2, dapat diketahui bahwa pada draft modul terdapat beberapa saran perbaikan dari validator ahli yaitu memperbaiki ejaan yang kurang tepat, menambah variasi soal, dan memperjelas simbol pada gambar. Penambahan soal latihan dan memperjelas simbol pada gambar dilakukan pada tes formatif di setiap kegiatan belajar. Apabila draf modul telah diperbaiki, maka selanjutnya dapat dilakukan validasi yang kedua.

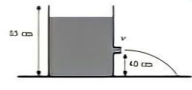


Gambar 4. 16 Penambahan soal pada kegiatan belajar 1 (a) dan kegiatan belajar 2 (b)

Fluida Ideal, Peramban Kontinuitas dan Bernoulli

a. 3 m/s
b. 5 m/s
c. 30 m/s
d. 30 cm/s
e. 900 cm/s

5. UN 2001
Sebuah tabung berisi air (ideal). Pada dasarnya terdapat dua lubang kecil (gambar lebih kecil dari penampang tabung) sehingga air keluar memancar (terlihat seperti pada gambar).



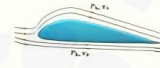
100 cm
25 cm
40 cm
 x_1 x_2

Perbandingan antara x_1 dan x_2 adalah ...

a. 2 : 3
b. 2 : 5
c. 3 : 4
d. 3 : 5
e. 4 : 5

6. UN 2011
Sayap pesawat terbang dirancang agar memiliki gaya angkat ke atas maksimal. seperti gambar dibawah ini. Jika v adalah kecepatan aliran udara dan P adalah tekanan udara, maka sesuai dengan asas Bernoulli rancangan tersebut dibuat agar ...

a. $v_1 > v_2$ sehingga $P_1 > P_2$
b. $v_1 > v_2$ sehingga $P_1 < P_2$
c. $v_1 < v_2$ sehingga $P_1 < P_2$
d. $v_1 < v_2$ sehingga $P_1 > P_2$
e. $v_1 > v_2$ sehingga $P_1 = P_2$



MODUL FLUIDA DINAMIS KELAS XI

Gambar 4. 17 Memperjelas simbol pada gambar.

2) Validasi dan Revisi II

Setelah draf modul diperbaiki, maka selanjutnya divalidasi kembali oleh validator pengguna hingga memenuhi kriteria kelayakan sebelum diuji cobakan kepada siswa. Validator pengguna dilakukan oleh Nur Choiriyah, S.Pd selaku guru fisika kelas XI MIPA di SMA Negeri 4 Probolinggo. Penilaian validasi modul dilakukan dengan memberikan lembar validasi secara online kepada validator pengguna. Pada lembar penilaian validasi terdapat aspek penilaian yang dinilai yaitu kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan kebahasaan, dan kelayakan grafika. Adapun kritik dan saran dari validator digunakan untuk memperbaiki modul yang dikembangkan. Kritik dan saran perbaikan dari validator pengguna yaitu dengan memperbaiki beberapa kesalahan penulisan dalam modul. Akan tetapi, draf modul telah dapat digunakan setelah melakukan perbaikan berdasarkan kritik dan saran dari validator pengguna. Selain hasil kritik dan saran, terdapat hasil analisis validitas pada modul yang dikembangkan untuk mengetahui tingkat kevalidan suatu modul

Rekapitulasi hasil validasi uji kelayakan produk pengembangan modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi Fluida Dinamis oleh validator ahli dan pengguna disajikan pada Tabel 4.3, sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Hasil Validasi Ahli dan Pengguna

Validator	Aspek Kelayakan				P (%)	Kriteria
	Isi	Penyajian	Kebahasaan	Grafika		
V1	44	34	18	15	92,5%	Sangat Valid
V 2	42	34	18	15	90,8	Sangat Valid
V 3	43	34	19	15	92,5%	Sangat Valid
Rata-rata					92%	Sangat Valid

Rata-rata persentase hasil validitas modul oleh validator sebesar 92% yang diperoleh dari nilai gabungan 3 validator. Apabila merujuk pada Tabel 3.4 tentang kriteria kevalidan dapat diketahui bahwa modul yang dikembangkan oleh peneliti termasuk dalam kriteria “sangat valid”. Berdasarkan analisis diatas dapat disimpulkan bahwa modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi Fluida Dinamis layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran.

Selain itu, rekapitulasi hasil uji kelayakan pada modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi Fluida Dinamis juga diketahui nilai persentase pada keempat aspek penilaian. Hasil validasi dari tiap aspek dapat dilihat pada Tabel 4.4, sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Hasil Validasi Tiap Aspek

No.	Aspek Kelayakan	Jumlah skor			\bar{X}	P(%)	Kriteria
		V1	V2	V3			
1.	Isi	44	42	43	43	89,6%	Sangat Valid
2.	Penyajian	34	34	34	34	94%	Sangat Valid
3.	Kebahasaan	18	18	19	18,3	91,7%	Sangat Valid
4.	Grafika	15	15	15	15	93,75%	Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 4.4, tentang hasil validasi terhadap tiap aspek dapat diketahui bahwa aspek kelayakan isi diperoleh nilai sebesar 89,6% dengan kriteria “sangat valid”. Aspek kelayakan penyajian diperoleh nilai sebesar 94% dengan kriteria “sangat valid”. Kemudian, aspek kelayakan kebahasaan diperoleh nilai sebesar 91,7% dengan kriteria “sangat valid”. Aspek kelayakan grafika diperoleh nilai sebesar 93,75% dengan kriteria “sangat valid”. Kriteria kevalidan pada

keempat aspek tersebut merujuk pada Tabel 3.4 tentang kriteria kevalidan. Rincian hasil analisis validasi ahli dan pengguna serta validasi tiap aspek kelayakan dapat dilihat pada Lampiran 4.3. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa aspek-aspek pada modul yang telah dikembangkan memenuhi kriteria kevalidan dan layak digunakan dalam proses pembelajaran.

b. Uji Pengembangan

Setelah produk yang dikembangkan divalidasi dan diperbaiki sesuai saran validator maka selanjutnya diuji cobakan kepada siswa. Uji coba ini dilakukan untuk mendapatkan respon siswa terhadap modul yang dikembangkan apakah modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis ini menarik. Penilaian respon siswa terhadap modul dilakukan terhadap 63 siswa yaitu 36 siswa XI MIPA 2 dan 27 siswa XI MIPA 3 di SMA Negeri 4 Probolinggo. Pada kegiatan ini peneliti menjelaskan kepada siswa terkait modul yang dikembangkan dan memberikan waktu kepada siswa untuk mempelajari modul yang telah diberikan. Setelah itu, responden diberi angket penilaian terhadap modul dengan pendekatan STEM secara online yang disusun melalui *google form*. Adapun hasil penilaian angket respon siswa yang disajikan pada Tabel 4.5, sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Hasil Respon Siswa

No.	Aspek Penilaian	Kelas		\bar{V}_a	Kriteria
		XI MIPA 2	XI MIPA 3		
1.	Kejelasan Isi	84,89%	85,41%	85,15%	Sangat Positif
2.	Ketercapaian Tujuan	83,5%	87,72%	85,61%	Sangat Positif
3.	Kebahasaan	83,33%	88,42%	85,88%	Sangat Positif
Rata-rata		83,9%	87,18%	85,55%	Sangat Positif

Berdasarkan Tabel 4.5 tentang hasil respon siswa terhadap penggunaan modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis, mendapatkan nilai rata-rata total pada setiap aspek penilaian sebesar 85,55%. Apabila merujuk pada Tabel 3.5 tentang kriteria respon siswa maka modul yang telah dikembangkan oleh peneliti memiliki kriteria “sangat positif”. Selain itu, rata-rata hasil respon siswa pada kelas XI MIPA 2 mendapatkan nilai rata-rata 83,9% dengan kriteria “sangat positif” dan XI MIPA 3 mendapatkan nilai

rata-rata 87,18% dengan kriteria “sangat positif”. Rincian tentang data respon siswa dapat dilihat pada Lampiran 4.4.

4.1.4 Tahap Penyebaran (*Disseminate*)

Setelah melakukan uji pengembangan dan analisis data dari hasil uji coba, diperoleh bahwa data analisis validitas modul dan respon siswa telah memenuhi kriteria, sehingga modul yang dihasilkan adalah produk akhir. Selanjutnya, peneliti melakukan penyebaran produk berupa *file pdf* secara terbatas kepada guru fisika kelas XI MIPA di SMA Negeri 4 Probolinggo. Penyebaran terbatas ini dilakukan karena keterbatasan-keterbatasan yang dimiliki oleh peneliti.

4.2 Pembahasan

Pembahasan pada penelitian ini merupakan hasil dari pengembangan modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis yang telah diuji cobakan. Desain yang digunakan pada penelitian ini yaitu 4D yang terdiri atas pendefinisian, desain, pengembangan, dan penyebaran. Modul yang dikembangkan disusun sesuai dengan standar BSNP sehingga dapat digunakan sebagai sumber belajar pendukung dalam proses pembelajaran. Berdasarkan hasil pengembangan yang telah dipaparkan tentang validitas dan respon siswa terhadap modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis, maka pada subbab ini membahas sebagai berikut :

4.2.1 Validitas Modul

Modul yang dikembangkan yaitu modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis. Modul dengan pendekatan STEM yang dimaksud yaitu sebuah modul yang memungkinkan siswa dapat belajar secara mandiri, karena materi yang disajikan dalam modul memuat empat aspek disiplin ilmu yaitu *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) serta perkembangan IPTEK sehingga pembelajaran yang dialami siswa lebih bermakna. Pada pembelajaran STEM siswa tidak hanya dituntut untuk mampu memecahkan permasalahan melainkan juga dapat membuat suatu pembaharuan, merancang, memahami diri, berfikir logis serta dapat menguasai teknologi (Suwarma *et al*, 2015). Dalam hal ini berarti modul yang dikembangkan tidak

hanya berorientasi terhadap materi dan latihan soal melainkan pada permasalahan lingkungan yang sering dijumpai siswa sehingga siswa dapat terbiasa berpikir kritis, kreatif, kolaboratif dan komunikatif.

Aspek *science* pada modul dapat disajikan pada konsep fisika dalam bentuk permasalahan dan pembahasan materi seperti persamaan kontinuitas dan hukum Bernoulli. Kemudian, aspek *technology* dapat disajikan dalam bentuk pengaplikasian materi fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari seperti penerapan pada pesawat terbang, nosel jet, tabung pitot, dan lain sebagainya. Aspek *engineering* dapat disajikan dalam bentuk desain atau prinsip kerja dari pemanfaatan teknologi yang dibahas dalam materi, serta aspek *mathematics* dapat disajikan dalam rumusan atau operasi perhitungan untuk mengevaluasi hasil rancangan yang telah dibuat.

Modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika pada materi fluida dinamis memuat materi dan pengaplikasiannya, contoh soal, dan tes formatif untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa. Penyusunan materi pada modul disesuaikan dengan kompetensi inti, kompetensi dasar, indikator, tujuan pembelajaran dan silabus kurikulum 2013. Selain itu, soal-soal yang terdapat pada modul merupakan soal Ujian Nasional yang tingkat kevaliditasannya terjamin. Pada modul telah dilengkapi dengan petunjuk penggunaan modul untuk memudahkan siswa dalam menggunakan modul. Kemudian, juga dilengkapi dengan berbagai gambar ilustrasi pengaplikasian fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari serta *layout* modul dibuat menarik sehingga dapat membuat siswa lebih tertarik dalam belajar serta memudahkan siswa untuk memahami materi yang disajikan pada modul.

Tahapan yang dilakukan sebelum modul dengan pendekatan STEM diuji cobakan kepada siswa SMA Negeri 4 Probolinggo yaitu dengan melakukan proses validasi terlebih dahulu. Validasi modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis dilakukan oleh dua validator ahli dan satu validator pengguna. Validasi pertama dilakukan oleh validasi ahli yaitu dua dosen pendidikan fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember dan validasi kedua dilakukan oleh validator pengguna yang merupakan satu guru

fisika yang mengajar di SMA Negeri 4 Probolinggo. Tujuan validasi yaitu untuk menghasilkan produk yang layak digunakan dalam proses pembelajaran dengan memiliki tingkat validitas yang tinggi berdasarkan penilaian para validator ahli (Nafsiah *et al*, 2019).

Instrument validasi yang digunakan berupa lembar angket validasi yang memuat 4 aspek kelayakan yang dinilai yaitu aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan kebahasaan, dan kelayakan grafika. Total indikator pada setiap aspek kelayakan sebanyak 30. Pada aspek kelayakan isi terdapat 12 indikator, aspek kelayakan penyajian terdapat 9 indikator, aspek kelayakan kebahasaan terdapat 5 indikator dan aspek kelayakan grafika terdapat 4 indikator. Penilaian pada modul terdiri dari empat kriteria penilaian yaitu (1) tidak valid, (2) kurang valid, (3) valid, dan (4) sangat valid.

Validasi ahli dilakukan terlebih dahulu untuk selanjutnya diperbaiki sesuai kritik dan saran dari validator. Adapun saran yang diberikan oleh validator ahli untuk perbaikan modul dengan pendekatan STEM yang dikembangkan oleh peneliti yaitu memperbaiki ejaan yang kurang tepat, dan menambah butir soal tes formatif pada setiap kegiatan belajar 1 dan 2, serta memperjelas simbol-simbol gambar pada soal tes formatif agar lebih mudah dipahami oleh siswa. Kemudian, apabila modul telah diperbaiki dan memenuhi kriteria kevalidan maka dapat divalidasi oleh validasi pengguna modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis dan saran perbaikan yaitu memperbaiki kesalahan dalam penulisan. Selanjutnya modul diperbaiki berdasarkan validator hingga memenuhi kriteria kevalidan.

Hasil nilai rata-rata yang didapatkan dari ketiga validator yang mencakup empat aspek kelayakan yaitu isi, penyajian, kebahasaan dan grafika sebesar 92% dengan kriteria sangat valid yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 tentang hasil analisis validasi ahli dan pengguna

Selain itu, didapatkan nilai rata-rata tiap aspek kelayakan pada Tabel 4.4, yang diperoleh dari ketiga validator yaitu aspek kelayakan isi memperoleh nilai 89,6 % dengan kriteria sangat valid jika merujuk pada Tabel 3.4 tentang kriteria kevalidan. Aspek kelayakan isi digunakan untuk menilai kesesuaian materi

dengan kompetensi dasar (KD) dan kurikulum 2013, keakuratan materi, dan penyajian materi untuk menunjang tercapainya indikator, kompetensi dasar, dan tujuan pembelajaran.

Aspek kelayakan penyajian pada modul digunakan untuk menilai keruntutan penyajian materi, keterkaitan materi, dan teknik penyajiannya agar lebih menarik dan mudah dipahami. Berdasarkan hasil analisis aspek kelayakan penyajian memperoleh nilai sebesar 94%. Jika merujuk pada Tabel 3.4 tentang kriteria kevalidan maka aspek kelayakan penyajian masuk dalam kriteria sangat valid.

Aspek kelayakan kebahasaan digunakan untuk menilai kejelasan dan kesesuaian kalimat yang digunakan berdasarkan kaidah kebahasaan sehingga materi pada modul lebih mudah dipahami oleh siswa. Nilai yang diperoleh aspek kelayakan kebahasaan pada proses validasi yaitu memperoleh nilai 91,7% dengan kriteria sangat valid jika merujuk pada Tabel 3.4 tentang kriteria kevalidan. Berdasarkan hasil analisis validasi yang telah dilakukan terdapat perbaikan dari validator terkait beberapa kesalahan pada penulisan dalam modul.

Selanjutnya, pada aspek kelayakan grafika digunakan untuk menilai format, desain *layout*, ukuran huruf, dan ilustrasi gambar. Aspek kelayakan grafika merupakan salah satu aspek yang mampu mempengaruhi tingkat kemenarikan modul sehingga juga akan menarik perhatian siswa dan minat belajar siswa dalam menggunakan modul sebagai sumber belajar. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan bahwa aspek kelayakan grafika memperoleh nilai 93,75% dengan kriteria sangat valid apabila merujuk pada Tabel 3.4 tentang kriteria kevalidan modul. Rincian hasil validitas dapat dilihat pada Lampiran 4.3.

Berdasarkan analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis memperoleh hasil validitas dengan kriteria sangat valid. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Syahirah, *et al* (2020) menyatakan bahwa modul berbasis STEM pada pokok bahasan elektrokimia yang dikembangkan valid dan layak digunakan untuk menunjang proses pembelajaran di sekolah.

4.2.2 Respon Siswa

Setelah modul telah diuji tingkat kevalidannya, maka selanjutnya dilakukan uji coba untuk mengetahui respon siswa terhadap modul selaku pengguna mengenai kejelasan isi, ketercapaian tujuan, dan kebahasaan. Uji coba produk dilakukan secara *online* yaitu dengan menyebarkan angket mengenai respon siswa menggunakan *google form* dikarenakan kondisi pandemi Covid-19 sehingga tidak memungkinkan untuk bertatap muka dengan siswa. Angket respon siswa disebar kepada 63 siswa yaitu 36 siswa kelas XI MIPA 2 dan 27 siswa XI MIPA 3. Pemilihan kelas XI MIPA 2 dan MIPA 3 sebagai responden karena kelas XI MIPA telah memiliki pengetahuan tentang fluida yang diperoleh di semester ganjil sehingga mampu memberikan tanggapan terhadap modul yang telah dikembangkan dengan mengisi angket yang telah diberikan. Selain itu, karakteristik dan permasalahan yang dialami oleh kelas XI MIPA 2 dan 3 telah diketahui sebelumnya dengan observasi ketika proses pembelajaran berlangsung.

Pada uji coba ini dilakukan penjelasan terkait petunjuk penggunaan modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis kepada siswa melalui *whatsapp grup* kelas yang didalamnya terdapat beberapa guru dan kepala sekolah. Kemudian, memberikan waktu kepada siswa untuk mempelajari modul yang telah diberikan. Setelah itu, memberikan lembar angket kuisisioner kepada siswa secara daring yang disusun melalui *google form* untuk mendapatkan tanggapan siswa terhadap modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis. Pada kolom angket respon siswa terdapat kolom penilai yaitu skor 1 mewakili tidak setuju, skor 2 mewakili kurang setuju, skor 3 mewakili setuju, dan skor 4 mewakili sangat setuju.

Hasil analisis respon siswa pada kelas XI MIPA 2 terhadap pernyataan keseluruhan memperoleh nilai rata-rata sebesar 83,9 % dan kelas XI MIPA 3 memperoleh nilai rata-rata sebesar 87,18%. Adapun nilai rata-rata pada setiap aspek penilaian yaitu aspek kejelasan isi memperoleh nilai rata-rata sebesar 85,15%, aspek ketercapaian tujuan memperoleh nilai rata-rata sebesar 85,61%, dan aspek kebahasaan memperoleh nilai rata-rata sebesar 85,88%. Berdasarkan Tabel 4.5 tentang rekapitulasi hasil respon siswa diketahui bahwa nilai rata-rata

yang diperoleh terhadap modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis sebesar 85,55% dengan kriteria sangat positif. Jika merujuk pada Tabel 3.5 tentang kriteria respon siswa, bahwa apabila hasil respon siswa yang diperoleh besarnya *percentage of agreement* 61% maka modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis dapat dikategorikan positif. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Almuharomah *et al* (2019) bahwa modul berbasis STEM yang dikembangkan mendapatkan respon positif dari siswa karena memudahkan siswa dalam belajar sehingga menarik perhatian siswa dan membentuk suasana belajar yang nyaman.

Berdasarkan analisis terhadap modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis mendapatkan respon sangat positif sebagai modul pembelajaran yang praktis untuk menunjang kegiatan pembelajaran fisika. Afriana *et al* (2016) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis STEM dapat memberikan pengalaman baru bagi siswa sehingga dalam proses pembelajaran dapat menimbulkan motivasi dan minat dalam belajar

Kelebihan modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi Fluida Dinamis meliputi tampilan modul yang disusun semenarik mungkin dengan kombinasi warna yang dapat menarik perhatian siswa. Kemudian, terdapat ilustrasi gambar yang dapat membuat siswa memiliki gambaran terhadap materi yang akan dipelajari sehingga siswa lebih memahami konsep dan pengaplikasiannya. Pada modul dengan Pendekatan STEM juga menyajikan permasalahan yang berkaitan dengan keempat aspek STEM sehingga siswa tidak hanya memahami materi tetapi juga mampu menyelesaikan berbagai permasalahan dan mampu menyampaikannya dengan baik. Selain itu, pada modul terdapat tes formatif dengan tujuan agar siswa mampu mengetahui tingkat pemahamannya setelah mempelajari materi pada modul.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh pada hasil penelitian pengembangan modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis yang telah diuraikan pada bab 4, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis memperoleh nilai rata-rata validasi ahli dan pengguna sebesar 92% dengan kriteria sangat valid. Oleh karena itu, modul yang dikembangkan layak digunakan sebagai sumber belajar fisika yang berbasis STEM.
- b. Respon siswa terhadap modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis mendapatkan persentase keseluruhan 85,55%. Pada kelas XI MIPA 2 sebesar 83,9% dan 87,18% pada kelas XI MIPA 3 yang berarti bahwa modul dengan pendekatan STEM mendapatkan respon dalam kriteria sangat positif sehingga dapat digunakan oleh siswa kelas XI SMA sebagai sumber belajar pada proses pembelajaran fisika materi fluida dinamis. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa modul yang telah dikembangkan menarik dan mudah digunakan.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan diantaranya:

- a. Bagi Guru
Modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis dapat digunakan sebagai salah satu bahan ajar untuk mengatasi kesulitan siswa.
- b. Bagi Siswa
Modul yang dikembangkan dapat dijadikan sumber belajar mandiri karena menggunakan pendekatan STEM sehingga dapat memudahkan siswa dalam belajar.

c. Bagi Peneliti Lainnya

Modul yang dikembangkan perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui efektivitas modul, sebab pada penelitian ini terkendala pandemi covid-19 sehingga tidak dapat dilakukan uji efektifitas.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2016. *Fisika Dasar 1*. Bandung : ITB.
- Afriana, J., A. Permanasari, dan A. Fitriani. 2016. Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau dari Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2) : 202-212.
- Akbar, S. 2015. Instrumen Perangkat Pembelajaran. Bandung : Remaja Rosda Karya.
- Aldila, C., Abdurrahman, dan F. Sesunan. 2017. Pengembangan LKPD Berbasis STEM untuk Menumbuhkan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5 (4).
- Ali Yaz, M. 2007. Fisika SMA Kelas XI. Yudhistira.
- Almuharomah, F. A., T. Mayasari, dan E. Kurniadi. 2019. Pengembangan Modul Fisika STEM Terintegrasi Kearifan Lokal “Beduk” untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kritis Siswa SMP. *Jurnal Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 7 (1) : 1-10.
- Arikunto, S. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Aristawati, N.K., I.W. Sadia, dan A.A.I.A.R. Sudiatmika. 2018. Pengaruh Model *Problem Based Learning* terhadap Pemahaman Konsep Belajar Fisika Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 8(1) : 31-41.
- Becker, K., dan K. Park. 2011. Effect of Integrative Approaches among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subjek on Student Learning: A Preliminary Meta-analysis. *Journal of STEM Education*, Vol 12 (5) : 23-37.
- Fajarini, A. 2018. *Membongkar Rahasia Pengembangan Bahan Ajar IPS*. Jember : Gema Press.
- Giancoli, Douglas C. 2001. Fisika Edisi Ketujuh Jilid 1. Jakarta : Erlangga.
- Giancoli, Douglas C. 2014. *Physics: Principles with Application*. Boston: Pearson Education.
- Gora, W., dan Sunarto. 2010. *Pakematik: Strategi Pembelajaran Inovatif Berbasis TIK*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.

- Gustiani, I., A. Widodo, dan I.R. Suwarma. 2017. Development and Validation of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) based Instructional Material. *AIP Conference Proceeding*, pp 1-7.
- Hake, R. R. 2002. Relationship of Individual Student Normalized Learning Gains in Mechanics with Gender, High-School Physics, and Pretest Scores on Mathematics and Spatial Visualization. *The Physics Education Research Conference*: 1-14.
- Halliday, D., J. Walker, dan R. Resnick. 2005. *Fisika Dasar Edisi Ketujuh Jidid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Hasbullah. 2009. *Dasar-dasar Ilmu Pendidikan*. Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada.
- Isnani, H. Z., Indrawati, dan Subiki. 2018. Model Learning Cycle 5E dalam Pembelajaran FLuida Dinamis di SMA (Kajian pada Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar). *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7 (1): 38-45.
- Khairiyah, N. 2019. *Pendekatan Science, Technology, Engineering dan Mathematics (STEM)*. Medan : SPASI MEDIA.
- Laisnima, L. dan T. Siregar. 2020. Modul Pembelajaran Berbasis Science, Technology, Engineering dan Mathematics (STEM) untuk meningkatkan Hasil Belajar dan Keterampilan Proses Peserta Didik Pada Materi Redoks dan Sel Elektrolisis. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia*, 8 (2): 84-90.
- Lestari, D. A. B., B. Astuti, dan T. Darsono. 2018. Implementasi LKS dengan Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 4 (2).
- Lismaya, L. 2019. *Berpikir Kritis & PBL (Problem Based Learning)*. Surabaya : Media Sahabat Cendekia.
- Majid, A. 2011. *Perencanaan Pembelajaran (Mengembangkan Kompetensi Guru)*. Bandung : Remaja Rodaskarya.
- Martha, D. S., Novaliyasi, dan Jaenudin. 2020. Pengembangan LKS Berbasis STEM yang Mendukung Kemampuan Pemahaman Konsep Matematika Siswa SMP. *Jurnal Inovasi dan Riset Pendidikan Matematika*, 1 (1) : 100-109.
- Maulana. 2017. *Konsep Dasar Matematika dan Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis-Kreatif*. Sumedang : UPI Sumedang Press.

- Mundilarto. 2002. *Kapita Selekta Pendidikan Fisika*. Yogyakarta : Jurnik Fisika FMIPA UNY kerjasama JICA.
- Nafsiah, I. N., F. Rizal, dan Giataman. 2019. Validitas Pengembangan Modul Pembelajaran Project Based Learning Pada Mata Kuliah Manajemen Proyek Di Pendidikan Teknik Bangunan FT-UNP. *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, 5 (1): 25-31.
- Nidawati. 2013. Belajar Dalam Perspektif Psikologi dan Agama. *Jurnal Pionir*, 1 (1): 13-28.
- Nurhardryani, Y., S. K. Sianturi, I. Hermadi, dan H. Khotimah. 2013. Pengujian Usability untuk Meningkatkan Antarmuka Aplikasi Mobile. *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika*, 2 (2): 83-93.
- Oktavia, R. 2019. Bahan Ajar Berbasis Sciences, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) untuk Mendukung Pembelajaran IPA Terpadu. *Journal of Science Educaton and Teaching*, 2 (1), 32-36.
- Pauliza, O. 2008. *Fisika untuk SMK Kelompok Teknologi dan Kesehatan Kelas XI*. Bandung : Grafindo Media Pratama.
- Prastowo, A. 2011. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta : Diva Press.
- Prastowo, A. 2012. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta : Diva Press.
- Pratiwi, P.H., N. Hidayah, dan A. Martiana. 2017. Pengembangan Modul Mata Kuliah Penilaian Pembelajaran Sosiologi Berorientasi HOTS. *Cakrawala Pendidikan*, Vol 36 (2) : 201-208.
- Purwanto, A. Rahadi, dan S. Lasmono. 2007. *Pengembangan Modul*. Jakarta: Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi, Depdiknas.
- Rahmatina, C. A., M. Jannah, dan F. Annisa. 2020. Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Sciences, Technology, Engineering, Mathematics (STEM). *Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan*, 1 (4) : 20-26.
- Riyana, C. 2012. *Media Pembelajaran*. Jakarta : Direktorat Jenderal Pendidikan Islam Kementerian Agama RI.
- Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional*.
- Sagala, S. 2005. *Konsep dan Makna Pembelajaran*. Bandung : CV Alfabeta.

- Saputra, O., A. Setiawan, D. Rusdiana, dan Muslim. 2019. Identifikasi Miskonsepsi Siswa Sekolah Menengah Atas (SMA) pada Topik Fluida Dinamis. *Jurnal Kreatif Online*, 7(3): 22-33.
- Sarkadi. 2019. *Tahapan Penilaian Pembelajaran Berdasarkan Kurikulum 2013*. Surabaya : CV. Jakad Media Publishing.
- Sarnita, F., A. Fitriani, Anhar, J. Aria Utama, I. Rahma Suwarma, dan Widia. 2021. *Pengembangan Purwarupa Fisika Berbasis STEM*. Malang : Literasi Nusantara.
- Sears, F.W., dan M. W. Zemansky. 1982. *Fisika untuk Universitas Jilid 1: Mekanika, Panas, dan Bunyi*. Bandung : Bina Cipta.
- Simarmata, J., L. Simanihuruk, R. Ramadhani, M. Safitri, D. Wahyuni, dan A. Iskandar. 2020. *Pembelajaran STEM Berbasis HOTS dan Penerapannya*. Yayasan Kita Menulis.
- Simatupang, H dan D. Purnama. 2019. *Handbook Best Practice Strategi Belajar Mengajar*. Surabaya : Pustaka Media Guru.
- Suardi, M. 2018. *Belajar & Pembelajaran Edisi 1*. Yogyakarta : CV Budi Utama.
- Suarsana, I M., dan G. A. Mahayukti. 2013. Pengembangan E-Modul Berorientasi Pemecahan Masalah untuk Meningkatkan Keterampilan berfikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 2 (2) : 264 : 275.
- Sugianto, S. D., M. Ahied, W. P. Hadi, dan Y. R. Wulandari. 2018. Pengembangan Modul IPA Berbasis Proyek Terintegrasi STEM Pada Materi Tekanan. *Natural Science Education Research*, 1 (1) : 28-39.
- Sugiono, V. 2009. *Pintar Bersama Sang Master Jurusan Sakti Menaklukan Fisika SMA 1,2&3*. Jakarta : PT. Kawan Pustaka.
- Sukiman. 2011. *Penelitian Tindakan Kelas untuk Guru Pembimbing*. Yogyakarta: Paramitra Publishing.
- Suparno, P. 2013. *Miskonsepsi dan Perubahan Konsep dalam Pendidikan Fisika*. Jakarta : Grasindo.
- Suwarma, I. R., P. Astuti, dan E. N. Endah. 2015. Ballon Powered Car Sebagai Media Pembelajaran IPA Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics).

- Syahirah, M., L. Anwar, dan B. Holiwarni. 2020. Pengembangan Modul Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering And Mathematics) Pada Pokok Bahasan Elektrokimia. *Jurnal Pijar MIPA*, 15 (4) : 317-324.
- Thiagarajan, S., D. S. Semmel, dan M. I. Semmel. 1974. *Instructional Development for Training Teacher of Exceptional Children*. Bloomington : ERIC.
- Trianto. 2009. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*. Jakarta : Kencana.
- Trianto. 2010. *Model Pembelajaran Terpadu, Konsep, Strategi dan Implementasinya dalam KTSP*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Universitas Jember. 2016. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: UPT Penerbitan Universitas Jember.
- Utami, I. S., R. F. Septiyanto, F. C. Wibowo, dan A. Suryana. 2017. Pengembangan STEM-a (Science, Technology, Engineering, Mathematics and Animation) Berbasis Kearifan Lokal dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmial Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 6 (1) : 67-73.
- Utomo, T. 1991. *Peningkatan dan Pengembangan Pendidikan*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Wahyudi, D. J. 2013. Penerapan Model Pembelajaran Problem Posing Pada Mata Pelajaran Mengukur dengan Alat Ukur Mekanik Presisi di SMK Negeri 2 Surabaya. Surabaya: UNESA.
- Widodo, C. S dan Jasmadi. 2008. *Panduan Menyusun Bahan Ajar Berbasis Kompetensi*. Jakarta : Gramedia.
- Widoyoko, E.P. 2012. *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta:Pustaka Belajar.
- Wijaya, C. P., S. Koes H., dan Muhardjipto. 2016. The Diagnosis of Senior High School Class XI MIA B Students Misconception about Hydrostatic Pressure Concept using Three-tier. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(1) : 14-21.
- Winarni, J., S. Zubaidah, dan S. Koes H. 2016. STEM : Apa, Mengapa, dan Bagaimana. *Prosiding Semnas Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 1(1): 976-984.
- Young dan Freedman. 2002. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Yuanita, dan F. Kurnia. 2019. Pengembangan Bahan Ajar Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Materi Kelistrikan untuk Sekolah Dasar. *Profesi Pendidikan Dasar*, Vol 6 (2) : 199-210.

Zakiah, L., dan I. Lestari. 2019. *Berpikir Kritis Dalam Konteks Pembelajaran*. Bogor : Erzatama Karya Abadi.



Lampiran 1.1 Lembar Wawancara**PERTANYAAN WAWANCARA UNTUK GURU MATA
PELAJARAN FISIKA DI SMA NEGERI 4 PROBOLINGGO**

1. Media dan sumber belajar apa saja yang digunakan dalam penyampaian materi fisika dalam proses pembelajaran selama ini?

Jawab : selama covid-19 dalam proses pembelajaran menggunakan modul, video, youtube, powerpoint. Akan tetapi sebelum pandemi kami menggunakan buku paket, dan materi dalam powerpoint

2. Apakah dengan menggunakan media dan sumber belajar tersebut siswa mampu melakukan proses belajar secara mandiri?

Jawab : tidak sepenuhnya dapat mandiri karena masih perlu adanya diskusi dan umpan balik

3. Bagaimana pendapat Ibu terkait penggunaan modul dalam proses pembelajaran?

Jawab : sangatlah menarik dan memudahkan siswa karena dapat menjadi salah satu referensi siswa dalam belajar

4. Apakah modul yang ada saat ini sudah memadai dan mampu mengatasi segala kekurangan dalam proses belajar mengajar?

Jawab : belum

5. Kesulitan apa saja yang dialami selama proses belajar mengajar fisika?

Jawab : selama ini siswa kesulitan terhadap pemahaman konsep dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari, terutama dalam masa pandemi dengan segala keterbatasan. Selain itu, siswa kesulitan dalam pengaplikasian konsep untuk memecahkan permasalahan fisika

6. Apakah di SMA Negeri 4 Probolinggo pernah ada penelitian mengenai pengembangan modul dengan pendekatan STEM?

Jawab : untuk saat ini belum ada

7. Apa yang Ibu ketahui tentang pembelajaran dengan pendekatan STEM?

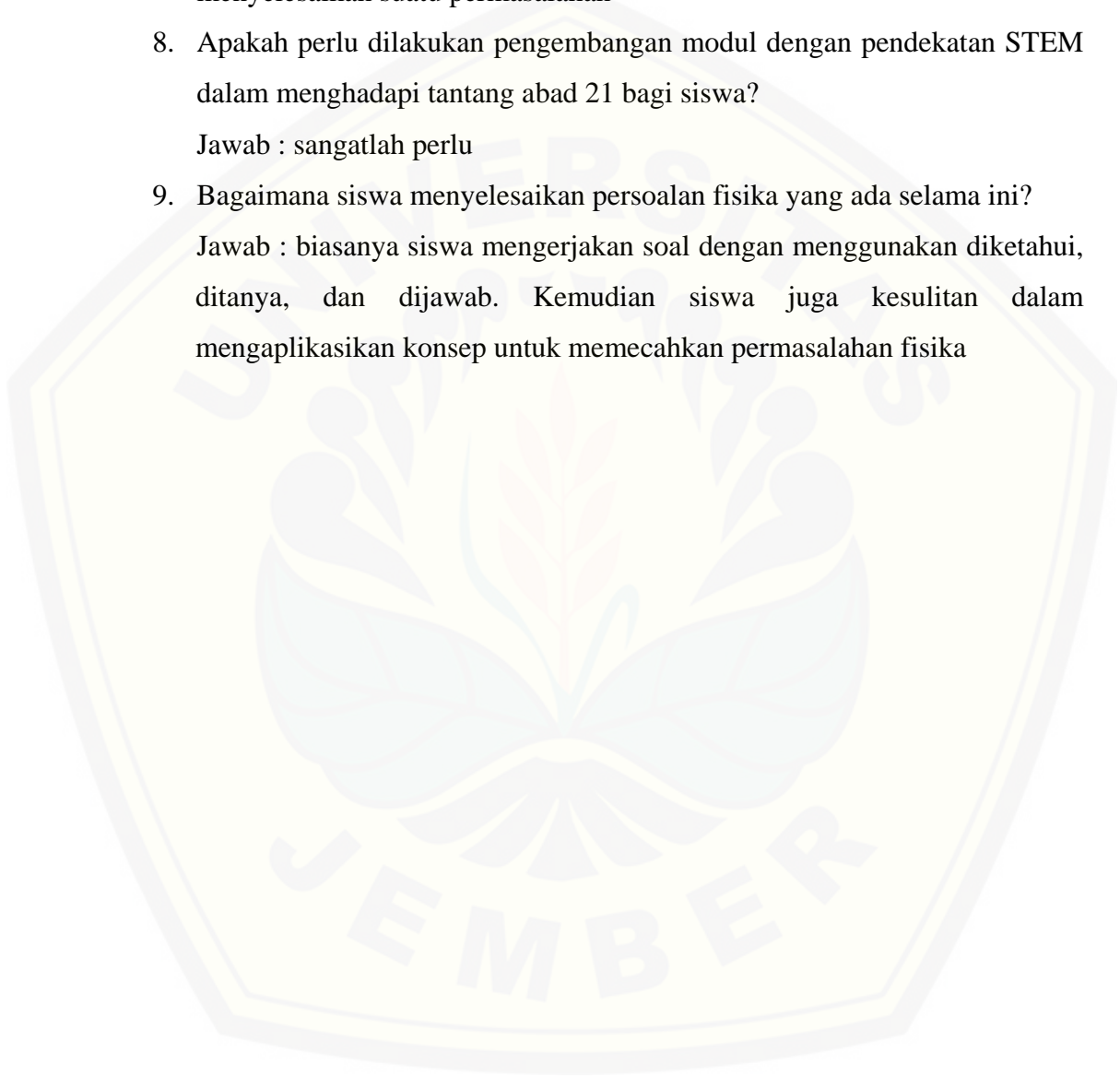
Jawab : yang saya ketahui mengenai STEM sangatlah sedikit. Dimana yang saya tahu bahwa pembelajaran dengan pendekatan STEM ini merupakan pendekatan yang menggabungkan 4 aspek yang mampu menyelesaikan suatu permasalahan

8. Apakah perlu dilakukan pengembangan modul dengan pendekatan STEM dalam menghadapi tantang abad 21 bagi siswa?

Jawab : sangatlah perlu

9. Bagaimana siswa menyelesaikan persoalan fisika yang ada selama ini?

Jawab : biasanya siswa mengerjakan soal dengan menggunakan diketahui, ditanya, dan dijawab. Kemudian siswa juga kesulitan dalam mengaplikasikan konsep untuk memecahkan permasalahan fisika



Lampiran 4.1 Matrik Penelitian

MATRIK PENELITIAN

JUDUL	RUMUSAN MASALAH	TUJUAN PENELITIAN	METODE PENELITIAN	Kajian Pustaka
Pengembangan Modul dengan Pendekatan STEM Pada Pokok Bahasan Fisika Materi Fluida Dinamis untuk Siswa SMA Kelas XI	<p>1. Bagaimana validitas modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk siswa SMA kelas XI?</p> <p>2. Bagaimana respon siswa terhadap modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk siswa SMA kelas XI?</p>	<p>1. Mendeskripsikan validitas dari modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk siswa SMA kelas XI.</p> <p>2. Mendeskripsikan respon siswa terhadap modul dengan</p>	<p>A. Jenis penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan <i>Research and Development</i> dengan model 4D (<i>Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation</i>).</p> <p>B. Analisis data :</p> <p>1. Validasi modul oleh validator ahli dan guru bidang studi fisika pada sekolah yang dituju untuk menghasilkan modul yang layak</p> $\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$ <p>\bar{X} = skor rata – rata penilaian oleh ahli</p> <p>$\sum X$ = Jumlah skor yang diperoleh N = Jumlah pertanyaan</p>	<p>- Pembelajaran fisika</p> <p>- Modul Pembelajaran</p> <p>- STEM</p> <p>- Kajian materi</p>

		<p>pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk siswa SMA kelas XI</p>	<p>2. Uji kelayakan modul <i>Persentase kelayakan rata – rata keseluruhan aspek</i> $= \frac{\text{skala tertinggi penilaian}}{\text{skala tertinggi penilaian}} \times 100$</p> <p>3. Respon Siswa $V_a = \frac{A}{B} \times 100$</p> <p>Keterangan : Va = Tingkat Kesesuaian A = Proporsi jumlah siswa yang memilih B = Jumlah siswa (Trianto, 2010 : 234).</p> <p>- Teknik pengambilan data</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Instrumen validasi Validasi oleh validator ahli dan guru pamong untuk menghasilkan modul yang layak. b. Angket untuk mengetahui respon siswa terhadap modul. 	
--	--	---	---	--

Lampiran 4.2 Silabus Pembelajaran**SILABUS MATA PELAJARAN FISIKA**

Satuan Pendidikan : SMAN 4 Probolinggo

Kelas/ Semester : XI/ Ganjil

Mata Pelajaran : Fisika

Materi Pokok : Fluida Dinamis

Alokasi Waktu : 2x2 JP (45 menit)

Kompetensi Inti :

KI-3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada pihak kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.

KI-4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Pembelajaran	Penilaian	Sumber Belajar
1.4 Menerapkan prinsip fluida dinamis dalam teknologi 4.4 Memodifikasi ide/gagasan proyek sederhana yang	Fluida dinamis <ul style="list-style-type: none"> • Fluida ideal • Asas kontinuitas • Asas Bernoulli 	<ul style="list-style-type: none"> • Menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian fluida ideal • Mengetahui ciri-ciri dan syarat fluida ideal 	<ul style="list-style-type: none"> • Menyelesaikan masalah fluida dengan 	<ul style="list-style-type: none"> • Modul dengan pendekatan STEM (<i>Science,</i>

<p>menerapkan prinsip dinamika fluida</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Penerapan asas kontinuitas dan Bernoulli dalam kehidupan 	<ul style="list-style-type: none"> • Menjelaskan prinsip kontinuitas pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari • Menganalisis penerapan prinsip kontinuitas pada berbagai teknologi • Menguraikan dengan kata-kata sendiri pengetahuan Hukum Bernoulli • Menganalisis prinsip Bernoulli pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari • Menganalisis penerapan Hukum Bernoulli pada berbagai teknologi (teorema torricelli, venturimeter, karburator, tabung pitot dan gaya angkat pesawat) • Merancang aplikasi asas Bernoulli secara berkelompok 	<p>menerapkan asas kontinuitas dan asas Bernoulli</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bahan presentasi kelompok • Tes tertulis bentuk uraian dan/atau pilihan ganda asas kontinuitas dan asas Bernoulli 	<p><i>Technology, Engineering and Mathematics)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Buku paket fisika SMA atau buku pembelajaran fisika yang relevan • <i>Website</i>
---	--	--	--	---

Lampiran 4.3 Hasil Analisis Validasi Ahli dan Pengguna**LEMBAR VALIDASI MODUL DENGAN PENDEKATAN STEM
PADA POKOK BAHASAN FISIKA MATERI FLUIDA DINAMIS
UNTUK SISWA SMA KELAS XI**

Satuan Pendidikan : SMAN 4 Probolinggo
Mata Pelajaran : Fisika
Kelas/ Semester : XI/ Ganjil
Materi Pokok : Fluida Dinamis
Validator : Dr. Singgih Bektiarso, M.Pd

Petunjuk :

1. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap modul yang dikembangkan dengan memberi tanda ceklist (✓) pada kolom yang telah disediakan.
2. Kriteria penilaian sebagai berikut :
 - 1 : tidak valid
 - 2 : kurang valid
 - 3 : valid
 - 4 : sangat valid
3. Jika Bapak/Ibu menganggap perlu adanya revisi terhadap modul yang dikembangkan, mohon memberi butir revisi pada bagian masukan/saran.
4. Peneliti mengucapkan terimakasih atas ketersediaan Bapak/Ibu memberikan penilaian serta saran perbaikan.

Penilaian**Angket**

No	Kriteria Penilaian	Skor			
		1	2	3	4
A. Isi					
1.	Materi yang disajikan sesuai dengan kurikulum yang berlaku.				✓
2.	Jabaran materi yang disajikan telah memenuhi tuntutan kurikulum.				✓
3.	Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar yang terdapat dalam kurikulum.				✓
4.	Latihan soal relevan dengan kompetensi yang harus dikuasai oleh siswa.			✓	
5.	Materi yang disajikan telah sesuai dengan konsep.			✓	
6.	Materi yang disajikan sesuai dengan kehidupan sehari-hari.				✓
7.	Kesesuaian materi dengan perkembangan ilmu terkini.				✓
8.	Informasi pendukung yang disajikan relevan dengan kompetensi yang harus dikuasai.			✓	
9.	Contoh-contoh yang disajikan dalam materi berasal dari kehidupan sehari-hari.				✓
10.	Dalam penyajian materi mampu mengungkapkan makna/arti objek.				✓
11.	Bentuk akurat dan proporsional sesuai dengan kenyataan dan tingkat perkembangan peserta didik.				✓
12.	Kreatif dan dinamis.			✓	
B. Penyajian					
13.	Materi yang disajikan jelas.				✓
14.	Penyajian gambar/ilustrasi sesuai dengan materi.				✓
15.	Materi yang disajikan secara berurutan.				✓
16.	Materi yang disajikan sesuai dengan karakteristik mata pelajaran.			✓	
17.	Kelengkapan komponen pada modul seperti pengantar, rangkuman dan daftar pustaka.				✓
18.	Kejelasan keterangan gambar dan tabel pada modul.				✓
19.	Ketersediaan soal tes formatif				✓
20.	Kegiatan peserta didik yang terdapat pada modul sangat bermanfaat.			✓	
21.	Modul dapat menarik minat belajar peserta didik.				✓
C. Kebahasaan					
22.	Menggunakan ejaan yang sesuai dengan EYD.			✓	

No	Kriteria Penilaian	Skor			
		1	2	3	4
23.	Menggunakan istilah-istilah yang benar.				✓
24.	Menggunakan bahasa komunikatif yang sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif peserta didik.				✓
25.	Menggunakan bahasa yang sederhana, lugas, serta mudah dipahami oleh peserta didik.				✓
26.	Mampu menciptakan komunikasi yang interaktif dengan peserta didik.			✓	
D. Grafika					
27.	Kesesuaian gambar dengan tulisan				✓
28.	Isi modul jelas dan baik dari segi bentuk ataupun warnanya.				✓
29.	Gambar yang disajikan dalam modul jelas dan menarik.				✓
30.	Ukuran tampilan huruf relatif dapat terbaca.			✓	

Masukan/ Saran :

.....
final

Kesimpulan secara umum (lingkari salah satu yang sesuai)

Modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk SMA kelas XI ini :

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

Jember, 17 Maret 2021

Validator



Dr. Singgih Bektiarso, M.Pd

**LEMBAR VALIDASI MODUL DENGAN PENDEKATAN STEM
PADA POKOK BAHASAN FISIKA MATERI FLUIDA DINAMIS
UNTUK SISWA SMA KELAS XI**

Satuan Pendidikan : SMAN 4 Probolinggo
Mata Pelajaran : Fisika
Kelas/ Semester : XI/ Ganjil
Materi Pokok : Fluida Dinamis
Validator : Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si

Petunjuk :

1. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap modul yang dikembangkan dengan memberi tanda ceklist (✓) pada kolom yang telah disediakan.
2. Kriteria penilaian sebagai berikut :
 - 1 : tidak valid
 - 2 : cukup valid
 - 3 : valid
 - 4 : sangat valid
3. Jika Bapak/Ibu menganggap perlu adanya revisi terhadap modul yang dikembangkan, mohon memberi butir revisi pada bagian masukan/saran.
4. Peneliti mengucapkan terimakasih atas ketersediaan Bapak/Ibu memberikan penilaian serta saran perbaikan.

Penilaian**Angket**

No	Kriteria Penilaian	Skor			
		1	2	3	4
A. Isi					
1.	Materi yang disajikan sesuai dengan kurikulum yang berlaku.				✓
2.	Jabaran materi yang disajikan telah memenuhi tuntutan kurikulum.			✓	
3.	Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar yang terdapat dalam kurikulum.			✓	
4.	Latihan soal relevan dengan kompetensi yang harus dikuasai oleh siswa.				✓
5.	Materi yang disajikan telah sesuai dengan konsep.			✓	
6.	Materi yang disajikan sesuai dengan kehidupan sehari-hari.			✓	
7.	Kesesuaian materi dengan perkembangan ilmu terkini.				✓
8.	Informasi pendukung yang disajikan relevan dengan kompetensi yang harus dikuasai.				✓
9.	Contoh-contoh yang disajikan dalam materi berasal dari kehidupan sehari-hari.			✓	
10.	Dalam penyajian materi mampu mengungkapkan makna/arti objek.				✓
11.	Bentuk akurat dan proporsional sesuai dengan kenyataan dan tingkat perkembangan peserta didik.			✓	
12.	Kreatif dan dinamis.				✓
B. Penyajian					
13.	Materi yang disajikan jelas.			✓	
14.	Penyajian gambar/ilustrasi sesuai dengan materi.				✓
15.	Materi yang disajikan secara berurutan.				✓
16.	Materi yang disajikan sesuai dengan karakteristik mata pelajaran.				✓
17.	Kelengkapan komponen pada modul seperti pengantar, rangkuman dan daftar pustaka.				✓
18.	Kejelasan keterangan gambar dan tabel pada modul.				✓
19.	Ketersediaan soal tes formatif				✓
20.	Kegiatan peserta didik yang terdapat pada modul sangat bermanfaat.			✓	
21.	Modul dapat menarik minat belajar peserta didik.				✓
C. Kebahasaan					
22.	Menggunakan ejaan yang sesuai dengan EYD.			✓	

No	Kriteria Penilaian	Skor			
		1	2	3	4
23.	Menggunakan istilah-istilah yang benar.				✓
24.	Menggunakan bahasa komunikatif yang sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif peserta didik.			✓	"
25.	Menggunakan bahasa yang sederhana, lugas, serta mudah dipahami oleh peserta didik.				✓
26.	Mampu menciptakan komunikasi yang interaktif dengan peserta didik.				✓
D. Grafika					
27.	Kesesuaian gambar dengan tulisan				✓
28.	Isi modul jelas dan baik dari segi bentuk ataupun warnanya.			✓	
29.	Gambar yang disajikan dalam modul jelas dan menarik.				✓
30.	Ukuran tampilan huruf relatif dapat terbaca.				✓

Masukan/ Saran :

.....
Bisa digunakan

Kesimpulan secara umum (lingkari salah satu yang sesuai)

Modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk SMA kelas XI ini :

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

Jember, 10 - 04 - 2021

Validator



(Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si)

**LEMBAR VALIDASI MODUL DENGAN PENDEKATAN STEM
PADA POKOK BAHASAN FISIKA MATERI FLUIDA DINAMIS
UNTUK SISWA SMA KELAS XI**

Satuan Pendidikan : SMAN 4 Probolinggo

Mata Pelajaran : Fisika

Kelas/ Semester : XI/ Ganjil

Materi Pokok : Fluida Dinamis

Validator : Nur Choiriyah, S.Pd

Petunjuk :

1. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian terhadap modul yang dikembangkan dengan memberi tanda ceklist (✓) pada kolom yang telah disediakan.
2. Kriteria penilaian sebagai berikut :
 - 1 : tidak valid
 - 2 : kurang valid
 - 3 : valid
 - 4 : sangat valid
3. Jika Bapak/Ibu menganggap perlu adanya revisi terhadap modul yang dikembangkan, mohon memberi butir revisi pada bagian masukan/saran.
4. Peneliti mengucapkan terimakasih atas ketersediaan Bapak/Ibu memberikan penilaian serta saran perbaikan.

Penilaian**Angket**

No	Kriteria Penilaian	Skor			
		1	2	3	4
A. Isi					
1.	Materi yang disajikan sesuai dengan kurikulum yang berlaku.				✓
2.	Jabaran materi yang disajikan telah memenuhi tuntutan kurikulum.				✓
3.	Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar yang terdapat dalam kurikulum.				✓
4.	Latihan soal relevan dengan kompetensi yang harus dikuasai oleh siswa.				✓
5.	Materi yang disajikan telah sesuai dengan konsep.				✓
6.	Materi yang disajikan sesuai dengan kehidupan sehari-hari.				✓
7.	Kesesuaian materi dengan perkembangan ilmu terkini.				✓
8.	Informasi pendukung yang disajikan relevan dengan kompetensi yang harus dikuasai.				✓
9.	Contoh-contoh yang disajikan dalam materi berasal dari kehidupan sehari-hari.				✓
10.	Dalam penyajian materi mampu mengungkapkan makna/arti objek.			✓	
11.	Bentuk akurat dan proporsional sesuai dengan kenyataan dan tingkat perkembangan peserta didik.				✓
12.	Kreatif dan dinamis.			✓	
B. Penyajian					
13.	Materi yang disajikan jelas.				✓
14.	Penyajian gambar/ilustrasi sesuai dengan materi.				✓
15.	Materi yang disajikan secara berurutan.				✓
16.	Materi yang disajikan sesuai dengan karakteristik mata pelajaran.				✓
17.	Kelengkapan komponen pada modul seperti pengantar, rangkuman dan daftar pustaka.				✓
18.	Kejelasan keterangan gambar dan tabel pada modul.				✓
19.	Ketersediaan soal tes formatif				✓
20.	Kegiatan peserta didik yang terdapat pada modul sangat bermanfaat.			✓	
21.	Modul dapat menarik minat belajar peserta didik.			✓	
C. Kebahasaan					
22.	Menggunakan ejaan yang sesuai dengan EYD.				✓

No	Kriteria Penilaian	Skor			
		1	2	3	4
23.	Menggunakan istilah-istilah yang benar.				✓
24.	Menggunakan bahasa komunikatif yang sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif peserta didik.				✓
25.	Menggunakan bahasa yang sederhana, lugas, serta mudah dipahami oleh peserta didik.				✓
26.	Mampu menciptakan komunikasi yang interaktif dengan peserta didik.			✓	
D. Grafika					
27.	Kesesuaian gambar dengan tulisan				✓
28.	Isi modul jelas dan baik dari segi bentuk ataupun warnanya.				✓
29.	Gambar yang disajikan dalam modul jelas dan menarik.			✓	
30.	Ukuran tampilan huruf relatif dapat terbaca.				✓

Masukan/ Saran :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Kesimpulan secara umum (lingkari salah satu yang sesuai)

Modul dengan pendekatan STEM pada pokok bahasan fisika materi fluida dinamis untuk SMA kelas XI ini :

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

Jember, 12 April 2021

Validator

Nur Choiriyah, S.Pd

Hasil Validasi Ahli dan Pengguna

Validator	Aspek Kelayakan				P (%)	Kriteria
	Isi	Penyajian	Kebahasaan	Grafika		
V1	44	34	18	15	92,5%	Sangat Valid
V 2	42	34	18	15	90,8	Sangat Valid
V 3	43	34	19	15	92,5%	Sangat Valid
Rata-rata					92%	Sangat Valid

$$a. \text{ Validator 1} = \frac{(44+34+18+15)}{120} \times 100\% = \frac{111}{120} \times 100\% = 92,5\%$$

$$b. \text{ Validator 2} = \frac{(42+34+18+15)}{120} \times 100\% = \frac{109}{120} \times 100\% = 90,8\%$$

$$c. \text{ Validator 3} = \frac{(43+34+19+15)}{120} \times 100\% = \frac{111}{120} \times 100\% = 92,5\%$$

$$d. \text{ Rata-rata persentase validitas} = \frac{(92,5\%+90,8\%+92,5\%)}{3} = \frac{275,8\%}{3} = 92\%$$

Hasil Validasi Tiap Aspek

No.	Aspek Kelayakan	Jumlah skor			\bar{X}	P(%)	Kriteria
		V1	V2	V3			
1.	Isi	44	42	43	43	89,6%	Sangat Valid
2.	Penyajian	34	34	34	34	94%	Sangat Valid
3.	Kebahasaan	18	18	19	18,3	91,7%	Sangat Valid
4.	Grafika	15	15	15	15	93,75%	Sangat Valid

➤ Aspek kelayakan isi

a. Validator 1

$$\bar{X} = \frac{44}{12} = 3,67$$

$$\text{persentase validitas} = \frac{3,67}{4} \times 100\% = 91,7\%$$

b. Validator 2

$$\bar{X} = \frac{42}{12} = 3,5$$

$$\text{persentase validitas} = \frac{3,5}{4} \times 100\% = 87,5\%$$

c. Validator 3

$$\bar{X} = \frac{43}{12} = 3,58$$

$$\text{persentase validitas} = \frac{3,58}{4} \times 100\% = 89,6\%$$

d. Total nilai validasi kelayakan isi = $\frac{91,67\%+87,5\%+89,6\%}{3} = \frac{268,8\%}{3} = 89,6\%$

✓ Aspek Kelayakan Penyajian

a. Validator 1

$$\bar{X} = \frac{34}{9} = 3,77$$

$$\text{persentase validitas} = \frac{3,77}{4} \times 100\% = 94\%$$

b. Validator 2

$$\bar{X} = \frac{34}{9} = 3,77$$

$$\text{persentase validitas} = \frac{3,77}{4} \times 100\% = 94\%$$

c. Validator 3

$$\bar{X} = \frac{34}{9} = 3,77$$

$$\text{persentase validitas} = \frac{3,77}{4} \times 100\% = 94\%$$

d. Total nilai validasi kelayakan penyajian = $\frac{94\%+94\%+94\%}{3} = \frac{282\%}{3} = 94\%$

➤ Aspek Kelayakan Kebahasaan

a. Validator 1

$$\bar{X} = \frac{18}{5} = 3,6$$

$$\text{persentase validitas} = \frac{3,6}{4} \times 100\% = 90\%$$

b. Validator 2

$$\bar{X} = \frac{18}{5} = 3,6$$

$$\text{persentase validitas} = \frac{3,6}{4} \times 100\% = 90\%$$

c. Validator 3

$$\bar{X} = \frac{19}{5} = 3,8$$

$$\text{persentase validitas} = \frac{3,8}{4} \times 100\% = 95\%$$

d. Total nilai validasi kelayakan kebahasaan = $\frac{90\%+90\%+95\%}{3} = \frac{275\%}{3} = 91,7\%$

➤ Aspek Kelayakan Grafika

a. Validator 1

$$\bar{X} = \frac{15}{4} = 3,75$$

$$\text{persentase validitas} = \frac{3,75}{4} \times 100\% = 93,75\%$$

b. Validator 2

$$\bar{X} = \frac{15}{4} = 3,75$$

$$\text{persentase validitas} = \frac{3,75}{4} \times 100\% = 93,75\%$$

c. Validator 3

$$\bar{X} = \frac{15}{4} = 3,75$$

$$\text{persentase validitas} = \frac{3,75}{4} \times 100\% = 93,75\%$$

d. Total nilai validasi kelayakan grafika = $\frac{93,75\%+93,75\%+93,75\%}{3} = \frac{281,25\%}{3} = 93,75\%$

Lampiran 4.4 Hasil Analisis Respon Siswa

**ANGKET RESPON SISWA TERHADAP MODUL DENGAN
PENDEKATAN STEM PADA POKOK BAHASAN FISIKA MATERI
FLUIDA DINAMIS UNTUK SISWA SMA KELAS XI**

Nama Sekolah :

Kelas :

Nama Siswa :

Petunjuk Pengisian

Berilah tanda ✓ pada kolom penilaian sesuai dengan pendapat kalian. Pada setiap butir penilaian dengan keterangan sebagai berikut :

Skor : 1 = Tidak Setuju

3 = Setuju

2 = Kurang Setuju

4 = Sangat Setuju

No.	Indikator	Pernyataan	Skor			
			1	2	3	4
1.	Kejelasan Isi	Saya merasa mudah memahami materi yang terdapat pada modul				
2.		Penyampaian materi dalam modul berkaitan dengan kehidupan sehari-hari				
3.		Saya tertarik untuk mempelajari modul karena adanya gambar ataupun ilustrasi yang membuat tidak bosan.				
4.		Saya merasa lebih mudah untuk memahami konsep yang disajikan dengan modul.				
5.	Ketercapaian Tujuan	Saya merasa penggunaan modul ini dapat membantu dalam proses belajar.				
6.		Modul ini dapat membuat belajar fisika menjadi menarik.				
7.		Modul ini dapat meningkatkan minat belajar siswa				
8.		Modul ini dapat memudahkan saya dalam mengerjakan berbagai persoalan Fluida Dinamis.				
9.	Kebahasaan	Istilah-istilah yang digunakan jelas dan mudah dipahami				
10.		Bahasa yang digunakan jelas serta mudah dipahami.				

a. Uji Coba Kelas XI MIPA 2

NO.	NAMA	Kejelasan Isi				Ketercapaian Tujuan				Kebahasaan	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ANM	3	3	4	4	3	3	3	3	2	3
2	ABW	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
3	APA	3	4	4	3	3	4	4	4	3	4
4	ACC	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4
5	AS	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3
6	BR	3	4	4	3	2	3	4	4	4	4
7	CMP	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	DRDP	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4
9	EMS	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3
10	FR	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3
11	HU	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3
12	IM	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3
13	ILEO	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3
14	KAN	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
15	LSH	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3
16	MAM	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3
17	MAFR	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4
18	MJ	4	4	4	3	4	3	3	4	3	4
19	MF	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20	MZI	4	4	4	3	3	4	3	4	3	3
21	MDP	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3
22	MR	3	3	3	2	3	2	3	3	3	4
23	MAS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
24	NIA	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3
25	NZF	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3
26	NAL	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4
27	NIN	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
28	NAR	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3
29	PIPAM	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4
30	POR	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
31	RCK	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
32	RUH	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
33	RPS	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3
34	SM	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3

35	YY	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4
36	ZIA	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Jumlah		120	122	130	117	120	121	117	123	117	123

Analisis respon XI MIPA 2

No.	Aspek yang dinilai	Total	Indeks	Kriteria
Kejelasan Isi				
1.	Saya merasa mudah memahami materi yang terdapat pada modul	120	83,33%	Sangat Positif
2.	Penyampaian materi dalam modul berkaitan dengan kehidupan sehari-hari	122	84,72%	Sangat Positif
3.	Saya tertarik untuk mempelajari modul karena adanya gambar ataupun ilustrasi yang membuat tidak bosan.	130	90,27%	Sangat Positif
4.	Saya merasa lebih mudah untuk memahami konsep yang disajikan dengan modul.	117	81,25%	Sangat Positif
Rata-rata			84,89%	Sangat Positif
Ketercapaian Tujuan				
5.	Saya merasa penggunaan modul ini dapat membantu dalam proses belajar.	120	83,33%	Sangat Positif
6.	Modul ini dapat membuat belajar fisika menjadi menarik.	121	84,02%	Sangat Positif
7.	Modul ini dapat meningkatkan minat belajar siswa	117	81,25%	Sangat Positif
8.	Modul ini dapat memudahkan saya dalam mengerjakan berbagai persoalan Fluida Dinamis.	123	85,42%	Sangat Positif
Rata-rata			83,5%	Sangat Positif

Kebahasaan				
9.	Istilah-istilah yang digunakan jelas dan mudah dipahami	117	81,25%	Sangat Positif
10.	Bahasa yang digunakan jelas serta mudah dipahami.	123	85,42%	Sangat Positif
Rata-rata			83,33%	Sangat Positif

b. Uji Coba Kelas XI MIPA 3

NO.	NAMA	Kejelasan Isi				Ketercapaian Tujuan				Kebahasaan	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	AF	3	3	3	4	4	4	3	3	4	3
2	AUI	4	3	3	4	3	4	4	4	3	4
3	AF	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3
4	AWJ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	AAA	3	3	4	2	3	3	3	3	3	3
6	DA	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3
7	DAS	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
8	DAF	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4
9	FA	4	3	4	4	3	4	4	3	4	3
10	IDS	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3
11	LL	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	MAP	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
13	MZR	3	4	4	4	3	4	4	4	4	3
14	MIM	3	3	3	2	4	4	3	3	4	3
15	MFK	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4
16	MRS	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
17	NRA	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3
18	NDK	3	4	4	3	4	4	4	3	4	3
19	PAIN	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20	PLF	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
21	PWR	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4
22	RS	3	3	2	2	3	3	2	3	4	4
23	RLJ	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4
24	SAW	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3

25	SM	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3
26	VDW	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3
27	WMA	3	4	4	3	3	4	4	4	4	3
Jumlah		92	92	97	88	94	97	94	94	99	92

Analisis respon kelas XI MIPA 3

No.	Aspek yang dinilai	Total	Indeks	Kriteria
Kejelasan Isi				
1.	Saya merasa mudah memahami materi yang terdapat pada modul	92	85,18%	Sangat Positif
2.	Penyampaian materi dalam modul berkaitan dengan kehidupan sehari-hari	92	85,18%	Sangat Positif
3.	Saya tertarik untuk mempelajari modul karena adanya gambar ataupun ilustrasi yang membuat tidak bosan.	97	89,81%	Sangat Positif
4.	Saya merasa lebih mudah untuk memahami konsep yang disajikan dengan modul.	88	81,48%	Sangat Positif
Rata-rata			85,41%	Sangat Positif
Ketercapaian Tujuan				
5.	Saya merasa penggunaan modul ini dapat membantu dalam proses belajar.	94	87,03%	Sangat Positif
6.	Modul ini dapat membuat belajar fisika menjadi menarik.	97	89,81%	Sangat Positif
7.	Modul ini dapat meningkatkan minat belajar siswa	94	87,03%	Sangat Positif
8.	Modul ini dapat memudahkan saya dalam mengerjakan berbagai persoalan Fluida Dinamis.	94	87,03%	Sangat Positif

Rata-rata		87,72%	Sangat Positif	
Kebahasaan				
9.	Istilah-istilah yang digunakan jelas dan mudah dipahami	99	91,67%	Sangat Positif
10.	Bahasa yang digunakan jelas serta mudah dipahami.	92	85,18%	Sangat Positif
Rata-rata		88,42%	Sangat Positif	

Hasil Analisis Respon Siswa

No.	Aspek Penilaian	Kelas		\bar{V}_a	Kriteria
		XI MIPA 2	XI MIPA 3		
1.	Kejelasan Isi	84,89%	85,41%	85,15%	Sangat Positif
2.	Ketercapaian Tujuan	83,5%	87,72%	85,61%	Sangat Positif
3.	Kebahasaan	83,33%	88,42%	85,88%	Sangat Positif
Rata-rata				85,55%	Sangat Positif

Lampiran 4.5 Surat Izin Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
Telepon: (0331)- 330224, 334267, 337422, 333147 • Faximile: 0331-339029
Laman: www.fkip.unej.ac.id

Nomor : 2083 UN25.1.5/LT/2021
Lampiran : -
Hal : Permohonan Izin Penelitian

09 MAR 2021

Kepada Yang Terhormat :

Walikota Probolinggo

Kepala Bakesbangpol

Kota Probolinggo

di

Probolinggo

Diberitahukan dengan hormat, bahwa mahasiswa FKIP Universitas Jember di bawah ini:

Nama : Selvi Ayu Anggraeni
NIM : 170210102090
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika
Rencana Penelitian : Maret - April 2021
Tempat Penelitian : SMA Negeri 4 Probolinggo

Berkenaan dengan penyelesaian studinya, mahasiswa tersebut bermaksud melaksanakan penelitian di SMA Negeri 4 Probolinggo dengan judul "Pengembangan Modul dengan Pendekatan STEM Pada Pokok Bahasan Fisika Materi Fluida Dinamis untuk Siswa SMA Kelas XI". Sehubungan dengan hal tersebut, mohon Saudara berkenan memberikan izin.

Demikian permohonan ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

Wakil Dekan I,

Prof. Dr. Suratno, M.Si.
NIP. 196706251992031003

Lampiran 4.6 Surat Keterangan Selesai Melaksanakan Penelitian



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
DINAS PENDIDIKAN
SEKOLAH MENENGAH ATAS NEGERI 4
PROBOLINGGO

Jl. Slamet Riyadi, Kanigaran Telp./Fax (0335) 423192 E-mail : mail@smn4-pbl.sch.id
PROBOLINGGO Kode Pos: 67213

SURAT KETERANGAN

Nomor: 421.4/197/101.6.3.4/2021

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : **HAKAM BASORI, S.Pd., M.M.**
NIP : 19650330 198803 1 008
Pangkat/Gol. : Pembina Tk.I/ IVb
Jabatan : Kepala SMAN 4 Probolinggo

dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : **SELVI AYU ANGGRAENI**
NIM : 170210102090
Program Studi : S1 Pendidikan Fisika
Fakultas : FKIP
Perguruan Tinggi : Universitas Jember

Telah melaksanakan kegiatan pengambilan data untuk penelitian penyelesaian tugas akhir Program Studi Pendidikan Fisika dengan judul "PENGEMBANGAN MODUL DENGAN PENDEKATAN STEM PADA POKOK BAHASAN FISIKA MATERI FLUIDA UNTUK SISWA SMA KELAS XI", yang dilaksanakan mulai tanggal 22 Maret s.d 26 April 2021 di SMA Negeri 4 Probolinggo.

Demikian surat keterangan ini hendaknya dipergunakan sebagaimana mestinya.

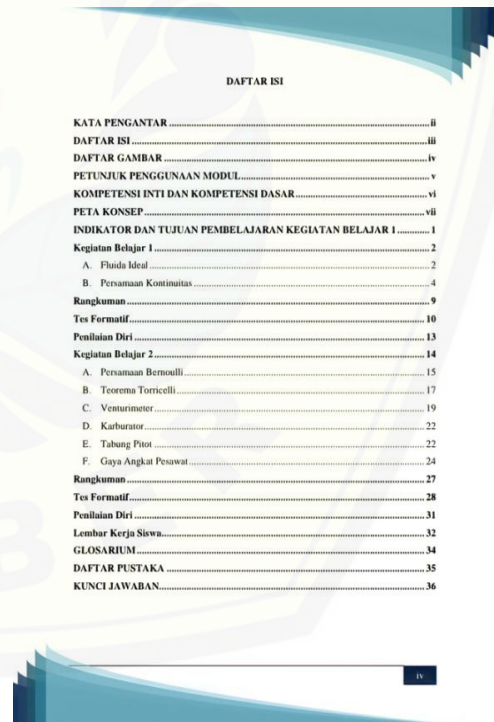
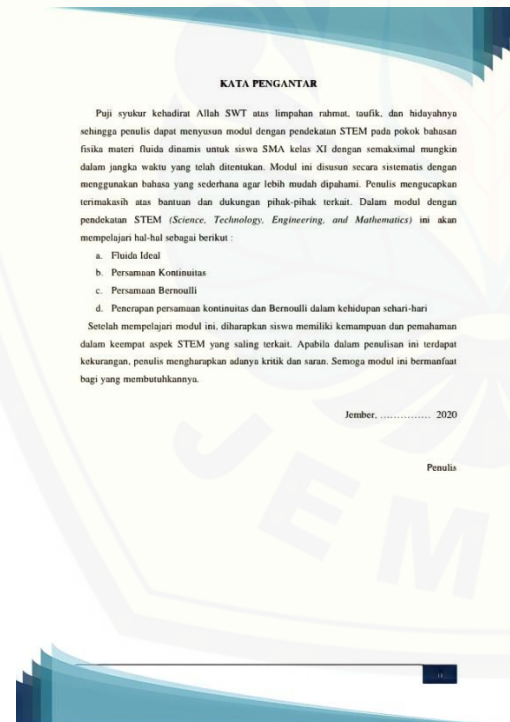
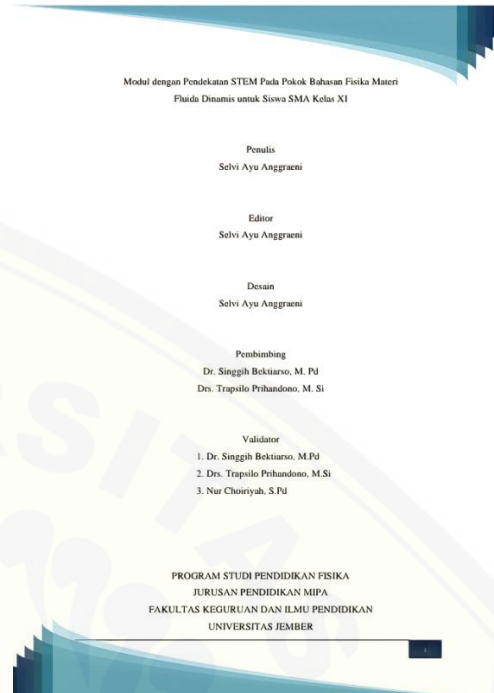
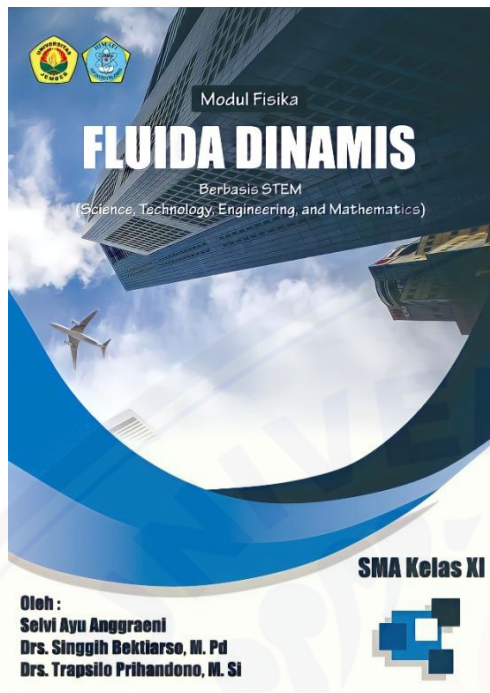
Probolinggo, 5 Mei 2021

KEPALA
SMAN 4 PROBOLINGGO

**HAKAM BASORI, S.Pd., M.M.**

Pembina Tk.I
NIP. 19650330 198803 1 008

Lampiran 4.7 Contoh Modul



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Menyiram Tanaman.....	4
Gambar 2. Fluida Tak Termampatkan melalui pipa.....	5
Gambar 3. Fluida Ideal yang melewati luas penampang yang berbeda-beda.....	5
Gambar 4. Minus Jet.....	7
Gambar 5. Nozel Jet.....	8
Gambar 6. Fluida Ideal yang mengalir pada pipa pipa berbeda.....	15
Gambar 7. Tangki Bocor.....	17
Gambar 8. Venturimeter tanpa manometer.....	19
Gambar 9. Venturimeter dengan manometer.....	20
Gambar 10. Tabung Pitot.....	22
Gambar 11. Gaya-gaya yang bekerja pada pesawat dan garis arus pada sayap pesawat.....	24

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

1. Bacalah petunjuk penggunaan modul dengan seksama.
2. Baca dan pahamiilah tujuan pembelajaran pada setiap kegiatan belajar
3. Bacalah dan pahami pertanyaan mengenai permasalahan yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari pada kotak "permasalahan"
4. Pelajarilah contoh soal untuk lebih memahami contoh permasalahan
5. Bacalah rangkuman untuk mengingat kembali informasi penting yang telah dipelajari
6. Kerjakanlah tes formatif yang tersedia
7. Cocokkanlah jawaban Anda dengan kunci jawaban yang terlampir di halaman terakhir modul
8. Hitung perolehan skor Anda untuk mengetahui tingkat penguasaanmu terhadap materi. Jika nilai kurang dari 80%, silahkan pahami kembali materi dan melakukan tes ulang. Namun jika nilai lebih dari 80%, silahkan melanjutkan ke kegiatan belajar selanjutnya.
9. Kerjakanlah lembar kerja siswa secara berkelompok yang terdiri 5 orang

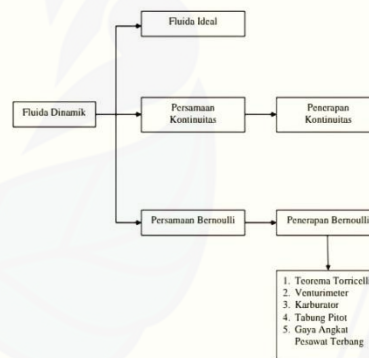
Untuk mempermudah kalian dalam mempelajari materi dalam modul ini, perlu kalian ketahui bahwa definisi dari STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) digunakan sebagai pendekatan yaitu sebagai berikut :

STEM	Definisi
Science (Sains)	Pengetahuan yang mempelajari tentang alam dan seisinya yang didapatkan melalui pengamatan, membuat hipotesis, uji coba, dan penarikan kesimpulan
Technology (Teknologi)	Suatu inovasi yang menghasilkan alat untuk mempermudah pekerjaan manusia
Engineering (Teknik)	Pengetahuan dan keterampilan untuk menerapkan konsep sains dan matematika agar dapat memperoleh teknologi
Mathematics (Matematika)	Pengetahuan yang mempelajari tentang besaran, angka, dan ruang yang saling terkait serta digunakan untuk menganalisis memperhitungkan suatu persoalan

KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR

Kompetensi Inti	Kompetensi Dasar
<p>KL.1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.</p>	<p>1.1 Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan dan mengatur alam jagad raya melalui pengamatan fenomena alam fisis dan pengukurannya.</p>
<p>KL.2 Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.</p>	<p>2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan, melaporkan, dan berdiskusi.</p>
<p>KL.3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.</p>	<p>3.4 Menerapkan prinsip fluida dinamik dalam teknologi</p>
<p>KL.4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.</p>	<p>4.4 Membuat dan menguji proyek sederhana yang menerapkan prinsip dinamika fluida</p>

PETA KONSEP



FLUIDA DINAMIS

Pesawat Terbang

Pesawat terbang merupakan pesawat udara yang lebih berat dari udara, bersiap tetap, dan dapat terbang dengan tenaga sendiri. Secara umum istilah pesawat terbang sering juga disebut dengan pesawat udara atau kapal terbang atau cukup pesawat dengan tujuan definisinya yang sama sebagai kendaraan yang mampu terbang ke atmosfer atau udara. Akan tetapi dalam dunia penerbangan, istilah pesawat terbang berbeda dengan pesawat udara. Hal ini karena pesawat udara jauh lebih luas pengertiannya sebab telah mencakup pesawat terbang dan helikopter.



IMPIAN TANPA TINDAKAN ADALAH KHAYALAN
TINDAKAN TANPA IMPIAN ADALAH IMPII BURUK

viii

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

KEGIATAN BELAJAR 1 FLUIDA IDEAL DAN PERSAMAAN KONTINUITAS

Indikator Pembelajaran

- 3.4.1 Menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian fluida ideal
- 3.4.2 Mengetahui ciri-ciri dan syarat fluida ideal
- 3.4.3 Menjelaskan prinsip kontinuitas pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari
- 3.4.4 Menganalisis penerapan prinsip kontinuitas pada berbagai teknologi

Tujuan Pembelajaran

- Melalui modul STEM siswa mampu :
1. Menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian fluida ideal
 2. Mengetahui ciri-ciri dan syarat fluida ideal
 3. Menjelaskan prinsip kontinuitas pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari
 4. Menganalisis penerapan prinsip kontinuitas pada berbagai teknologi

MODUL FLUIDA DINAMIS KELAS XI

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

KEGIATAN BELAJAR 1 FLUIDA IDEAL DAN PERSAMAAN KONTINUITAS

A. Fluida Ideal

Di lingkungan sekitar pasti kalian seringkali menjumpai berbagai fenomena yang terkait dengan penerapan fluida. Fluida adalah sesuatu yang dapat mengalir sehingga sering disebut zat alir. Fasa zat cair dan gas termasuk ke dalam jenis fluida. Fluida dinamis merupakan suatu fluida yang dapat bergerak. Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai karakteristik, jenis, ciri-ciri, syarat dan penerapan dari fluida ideal.

Science Problem

Pernahkah kalian mengamati perbedaan antara aliran air sungai yang mengalir dalam keadaan normal dengan air sungai yang mengalir saat banjir? Aliran air sungai yang mengalir dalam keadaan normal merupakan salah satu jenis aliran fluida ideal yaitu laminar, sedangkan aliran sungai ketika banjir merupakan jenis aliran turbulen. Fluida ideal memiliki ciri-ciri khusus dan syarat agar dapat disebut sebagai fluida ideal. Lalu bagaimanakah ciri-ciri dan syarat fluida ideal?

Jenis Aliran Fluida

- a. Laminar adalah aliran yang mengikuti suatu garis lurus atau melengkung yang jelas ujung dan pangkalnya, contohnya aliran sungai dalam keadaan normal
- b. Turbulen adalah aliran yang berputar atau tidak teratur, contohnya yaitu aliran sungai saat banjir.



Ciri-ciri fluida ideal

1. Aliran Tunak (*Steady flow*) yaitu aliran yang mengalir lurus (tidak *turbulence*/berbelok), dimana setiap partikel yang mengalir melewati titik yang sama dengan partikel di depannya. Sedangkan

MODUL FLUIDA DINAMIS KELAS XI

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

aliran *turbulence*, yaitu setiap partikel bergerak secara acak sehingga aliran air terlihat bergubung.

2. Aliran yang tak termampatkan (*Incompressible flow*) yaitu apabila diberi suatu perlakuan maka volume dan massa jenisnya tidak akan berubah atau memiliki densitas yang nilainya konstan dan beragam.
3. Aliran tidak viskos (*Nonviscous flow*) yaitu aliran fluida tidak memiliki kekentalan atau encer sehingga ketika mengalir tidak ada gesekan yang menghambat misalkan air dan udara yang mudah mengalir karena memiliki viskositas yang rendah, akan tetapi fluida yang memiliki viskositas yang tinggi bukan merupakan fluida ideal karena memiliki kekentalan, adanya gaya gesekan dan sulit mengalir, misalkan sirup dan madu.
4. Aliran tidak berotasi (*Irrotational flow*), yaitu aliran fluida yang tidak berotasi apabila fluida tidak diikuti oleh partikel-partikel yang berputar. Contohnya, ketika seseorang menaiki kincir raksasa, maka yang berotasi hanya bendanya saja sedangkan pemungungnya tidak berotasi.

Karakteristik Fluida Ideal

Cair	Gas
Molekul-molekul terikat secara longgar akan tetapi tetap berdekatan.	Molekul bergerak secara bebas dan saling bertumbukan.
Tekanan yang terjadi karena adanya gaya gravitasi bumi yang bekerja padanya.	Tekanan gas bersumber pada perubahan momentum disebabkan tumbukan molekul gas pada dinding.
Tekanan terjadi secara tegak lurus pada bidang.	Tekanan terjadi tidak tegak lurus pada bidang.

Syarat fluida ideal

1. Cairan tidak viskos, yaitu tidak adanya geseran dalam pada zat cair.
2. Zat cair mengalir secara stationer (tidak berubah) dalam hal kecepatan, arah ataupun besarnya (selalu konstan) ($\Delta V = 0$ dan $\Delta \rho = 0$).
3. Zat cair mengalir secara steady, yaitu melalui lintasan tertentu.
4. Zat cair tidak termampatkan (*incompressible*) dan mengalir sejumlah cairan yang sama besarnya (kontinuitas).

MODUL FLUIDA DINAMIS KELAS XI

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

B. Persamaan Kontinuitas

Science and Mathematics Problem

Pernahkah kalian menyiram tanaman dengan menggunakan selang? Ketika kalian menekan ujung selang, maka semakin cepat air memancar. Bagaimanakah cara mengetahui kecepatan aliran air dan debit fluida pada selang tersebut?



Gambar 1. Menyiram Tanaman

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/mZSHBFq69DEp77>)

Saat kalian menekan ujung selang ketika menyiram, maka semakin cepat air yang memancar keluar. Hal ini dikarenakan semakin kuat selang ditekan maka semakin sempit penampang selang tersebut sehingga semakin cepat aliran air yang keluar. Fenomena tersebut dijelaskan melalui persamaan kontinuitas, akan tetapi kalian harus lebih dulu memahami konsep debit aliran fluida.

Debit merupakan besaran fisis yang menyatakan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang tiap satuan waktu. Secara matematis, debit aliran fluida dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

Keterangan :
 Q = Debit aliran fluida (m^3/s)
 V = Volume fluida (m^3)
 t = Selang waktu (s)

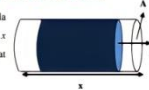
Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Science and Mathematics Problem

Fluida memiliki beberapa ciri salah satunya tak termampatkan. Ketika fluida tersebut mengalir melalui suatu pipa dengan luas penampang A . Bagaimanakah kecepatan v dan jarak x yang ditempuh?

Berdasarkan gambar disamping, volume fluida yang mengalir melalui penampang fluida sejauh x adalah $V = Ax$ sehingga sebit aliran fluida dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Q = \frac{Ax}{t}$$



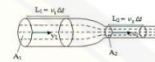
Gambar 2. Fluida tak termampatkan yang mengalir melalui pipa

Karena $\frac{x}{t} = v$ = kecepatan fluida, maka secara matematis debit aliran fluida dapat dinyatakan sebagai berikut ini :

$$Q = Av$$

Keterangan :
 Q = Debit (m^3/s)
 A = Luas Penampang (m^2)
 v = Kecepatan (m/s)

Kemudian, bagaimana hubungan antara persamaan kontinuitas dengan debit fluida?



Gambar 3. Suatu fluida ideal mengalir melewati pipa bagian 1 dan bagian 2 yang berbeda luasnya (Sumber: priyhatjuniorfan.wordpress.com)

Apabila fluida tersebut dianggap sebagai fluida yang ideal, maka dalam selang waktu dt , fluida pada bagian 1 akan bergerak ke kanan dengan jarak tempuh $v_1 dt$ dan pada bagian 2, fluida akan bergerak ke kanan pula dengan jarak $v_2 dt$.

Adapun volume fluida yang melewati luas penampang A_1 dan A_2 adalah

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

$$v_1 = A_1 x_1 \quad v_2 = A_2 x_2$$

Karena fluida tak termampatkan, maka selama mengalir memiliki massa jenis yang konstan ($\rho_1 = \rho_2$) sehingga secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \text{ dan } Av = \text{konstan}$$

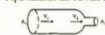
Keterangan :

A_1 dan A_2 = Luas penampang 1 dan 2 (m)
 v_1 dan v_2 = kecepatan aliran fluida pada penampang 1 dan 2 (m/s)
 ρ_1 dan ρ_2 = massa jenis fluida 1 dan 2 (kg/m^3)

Adapun bunyi persamaan kontinuitas, "Untuk fluida tak termampatkan (*incompressible*), hasil kali dengan luas penampang A dengan besarnya kecepatan fluida v selalu tetap". Pernyataan lain dari persamaan kontinuitas yaitu "Pada fluida tak termampatkan (*incompressible*), debit aliran fluida disetiap titik selalu tetap", hal ini dikarenakan hasil kali luas penampang A dengan kecepatan v adalah debit aliran fluida Q .

Contoh Soal

Pipa saluran air bawah tanah memiliki bentuk seperti gambar dibawah ini!



Apabila luas penampang pipa besar dan pipa kecil adalah $5 m^2$ dan $2 m^2$, sedangkan kecepatan aliran air pipa besar adalah $15 m/s$. Tentukanlah kecepatan aliran air saat mengalir melewati pipa kecil!

Diketahui : $A_1 = 5 m^2$

$$A_2 = 2 m^2$$

$$v_1 = 15 m/s$$

Ditanya : $v_2 = ?$

Jawab :

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$(5)(15) = (2)v_2$$

$$v_2 = \frac{(5)(15)}{(2)}$$

$$v_2 = 37,5 m/s$$

Jadi, kecepatan aliran air v yang mengalir melewati pipa kecil adalah $37,5 m/s$

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Science and Technology Problem

Mesin jet merupakan komponen yang terpenting untuk menggerakkan jet. Oleh karena itu, bagaimanakah cara kerja mesin jet tersebut?



Gambar 4. Mesin Jet (Sumber: strengeengineering.co.id)

Penerapan fluida sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari, dan sangat bermanfaat bagi manusia. Salah satunya pada mesin jet yang menerapkan persamaan kontinuitas. Dimana aliran udara yang masuk harus memiliki kecepatan yang sangat rendah, agar proses kompresi terjadi secara efektif sebelum masuk ke dalam kompresor. Oleh karena itu, untuk mendapatkan kecepatan yang rendah, maka luas penampang yang digunakan harus besar. Dapat kita amati pada gambar, bahwa luas penampang pada *inlet* (bagian depan) semakin membesar mulai dari ujung *inlet* hingga di depan kompresor, sehingga bagian ini berfungsi untuk memperlambat aliran udara yang disebut dengan *diffuser*. Kemudian, dari gambar tersebut dapat kita lihat bahwa pada bagian belakang mesin jet luas penampangnya semakin mengecil, karena berfungsi untuk mempercepat kecepatan sebah untuk mendapatkan dorongan yang kuat, maka kecepatan udara buang ke bagian belakang haruslah tinggi.

Perlu kita ketahui pada persamaan $A_1 v_1 = A_2 v_2$, mengasumsikan bahwa fluida tidak termampatkan atau tidak mengalami perubahan massa jenis. Akan tetapi pada fluida jenis udara, massa jenis sangat berpengaruh yaitu dengan adanya perubahan suhu ataupun perubahan tekanan misalkan, balon udara yang mampu terbang karena memiliki massa jenis yang lebih rendah dari lingkungan sekitarnya, dimana rendahnya massa jenis ini diperoleh dari suhu yang tinggi. Oleh karena itu, untuk fluida yang termampatkan (*compressible*) memiliki massa jenis yang tidak selalu sama sehingga akan berubah ketika dimampatkan. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Science and Technology Problem

Bagaimana kecepatan udara pada nosel jet dapat bekerja secara cepat yang menghasilkan dorongan yang besar?



Gambar 5. Nosel Jet (Sumber: aeronengineering.co.id)

Hal ini dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan kontinuitas, sebab saat terjadinya proses pembakaran maka bahan bakar akan menghasilkan panas sehingga suhu menjadi meningkat. Peningkatan suhu ini diikuti dengan penurunan massa jenis secara drastis. Hal ini sesuai dengan persamaan kontinuitas bahwa massa jenis berbanding terbalik dengan kecepatan aliran fluida sehingga penurunan massa jenis (massa jenis rendah), maka kecepatan fluida akan meningkat.

Contoh Soal

Pada gambar dibawah ini terdapat nosel yang dialiri air pada temperatur 20°C dan memiliki laju aliran massa 60 kg/s. Apabila diameter pada titik 1 ialah 220 mm dan 80 mm pada titik 2. Coba tentukan kecepatan aliran rata-rata pada titik 1 dan 2 dengan menerapkan persamaan kontinuitas.



Diketahui : $M = 60 \text{ kg/s}$ $A_1 = 220 \text{ mm}$
 $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ (suaat $T = 20^\circ\text{C}$) $A_2 = 80 \text{ mm}$

Ditanya : v_1 dan v_2 ...?

Jawab :

$$Q = \frac{M}{\rho} = \frac{60 \text{ kg/s}}{998 \text{ kg/m}^3} = 0,06012 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_1 = \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi (220 \text{ mm})^2} = \frac{0,06012 \text{ m}^3/\text{s} \times (1000 \text{ mm})^2}{1 \text{ m}^2} = 1,605 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi (80 \text{ mm})^2} = \frac{0,06012 \text{ m}^3/\text{s} \times (1000 \text{ mm})^2}{1 \text{ m}^2} = 12,14 \text{ m/s}$$

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Rangkuman

1. Fluida dinamis merupakan suatu fluida yang dapat bergerak
2. Jenis aliran fluida :
 - Laminer adalah aliran yang mengikuti suatu garis lurus atau melengkung yang jelas ujung dan pangkalnya
 - Turbulen adalah aliran yang berputar atau tidak teratur
3. Ciri-ciri fluida ideal
 - Aliran Tunak (*Steady flow*) atau laminer
 - Aliran yang tak termampatkan (*Incompressible flow*)
 - Aliran tidak viskos (*Nonviscous flow*)
 - Aliran tidak berotasi (*Irrrotational flow*)
4. Debit merupakan besaran fisis yang menyatakan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang tiap satuan waktu. Persamaan debit aliran yaitu.

$$Q = \frac{V}{t} \text{ atau } Q = Av$$

Adapun bunyi persamaan kontinuitas, "Untuk fluida tak termampatkan (*incompressible*), hasil kali dengan luas penampang A dengan besarnya kecepatan fluida v selalu tetap". Berikut adalah persamaan kontinuitas

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \text{ atau } Q_1 = Q_2$$

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Tes Formatif

1. Perhatikan sifat-sifat fluida berikut :

- (1) Aliran tidak viskos
- (2) Aliran bersifat tunak
- (3) Aliran tidak termampatkan
- (4) Aliran turbulen

Pernyataan yang benar tentang fluida ideal adalah...

- (1), (2), dan (3)
- (1) dan (3)
- (2) dan (4)
- (4) saja
- Semua benar

2. Jika luas penampang pipa A = 10 cm² dan pipa B = 4 cm². Jika kecepatan aliran air pada pipa A = 10 m/s, maka kecepatan aliran air pada pipa B adalah... (UN 2004)

- 25 m/s
- 20 m/s
- 15 m/s
- 10 m/s
- 5 m/s

3. Perhatikan gambar penampang pipa berikut!



Air mengalir dari pipa A ke B terus ke C. Perbandingan luas penampang A dengan penampang C adalah 8 : 3. Jika aliran di penampang A adalah v maka kecepatan aliran pada pipa C adalah... (UN 2012)

- $\frac{1}{8} v$
- $\frac{2}{3} v$
- v
- $\frac{8}{3} v$
- $8 v$

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

4. Perhatikan gambar berikut ini !



Air mengalir pada pipa dari A ke B. Jika luas masing-masing $a \text{ m}^2$ dan $b \text{ m}^2$ dan kecepatan aliran air di A dan B masing-masing $p \text{ m/s}$ dan $q \text{ m/s}$, maka peristiwa seperti apakah yang akan terjadi ?

- $a : b = p : q$
- $ab = pq$
- $aq = bp$
- $ab = pq$
- $a : b = q : p$

5. (SIMAK UI 2011)

Sebuah pipa dengan luas penampang 616 cm² dipasang kran yang berjari-jari 3,5 cm di salah satu ujungnya. Jika kecepatan zat cair di pipa adalah 0,5 m/s, maka dalam waktu 5 menit volume zat cair yang keluar dari kran adalah....

- 10,2 m³
- 9,24 m³
- 8,29 m³
- 6,72 m³
- 5,2 m³

6. Perhatikan gambar dibawah ini!



Besar kecepatan air (v_2) yang mengalir pada penampang 2, jika besar $v_1 = 10 \text{ m/s}$ adalah...

- 3,5 m/s
- 3,0 m/s
- 2,5 m/s
- 2,0 m/s
- 1,5 m/s

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

7. Sebuah kolam dengan volume 5 m³ dalam keadaan kosong dialiri air melalui selang plastik yang berpenampang 4 cm². Jika air mengalir dengan kecepatan 10 m/s, maka kolam akan penuh setelah....
 - a. 20,8 menit
 - b. 18,8 menit
 - c. 16,8 menit
 - d. 14,8 menit
 - e. 12,8 menit
8. Sebuah pipa dengan diameter 6 cm dialiri fluida dengan kecepatan 0,25 m/s. Jika kecepatan fluida yang keluar 4 m/s, maka besar diameter pipa yang dilewati fluida saat keluar adalah....
 - a. 2,5 cm
 - b. 2,0 cm
 - c. 1,5 cm
 - d. 1,0 cm
 - e. 0,5 cm
9. Sebuah kolam renang memiliki volume air sebesar 36.000 liter. Jika waktu yang dibutuhkan untuk mengisi kolam renang tersebut sampai penuh ialah 15 menit, maka debit air pada kolam adalah....
 - a. 100 liter/sekon
 - b. 80 liter/sekon
 - c. 60 liter/sekon
 - d. 40 liter/sekon
 - e. 20 liter/sekon
10. Ketika kalian menyiram tanaman dengan menggunakan selang plastik, kecepatan air yang memancar lebih cepat saat ujung selang ditekan, maka yang mempengaruhi kecepatan air yang memancar keluar adalah....
 - a. Luas penampang
 - b. Waktu
 - c. Volume
 - d. Ketinggian fluida dari permukaan tanah
 - e. Massa jenis

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

PENILAIAN DIRI

Setelah menjawab semua soal Tes Formatif dalam Kegiatan Belajar 1, cocokkanlah jawaban kamu dengan kunci jawaban yang terlampir pada bagian akhir modul. Kemudian, hitunglah jumlah jawaban benar untuk mengetahui tingkat penguasaan kamu pada Kegiatan Belajar 1 menggunakan rumus berikut :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah skor benar}}{\text{jumlah soal}} \times 100\%$$

Keterangan :
 90% - 100% : Baik sekali
 80% - 89% : Baik
 70% - 79% : Cukup
 < 70% : Kurang

Jika tingkat penguasaan kamu 80% atau lebih, maka bisa melanjutkan ke Kegiatan Belajar 2. Namun jika tingkat penguasaan kamu masih kurang dari 80%, maka kamu harus mengulangi Kegiatan Belajar 1 ini, terutama bagian yang belum dipahami.

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

KEGIATAN BELAJAR 2
HUKUM BERNOULLI DAN APLIKASINYA

Indikator Pembelajaran

- 3.4.5 Menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian Hukum Bernoulli
- 3.4.6 Menganalisis prinsip Bernoulli pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari
- 3.4.7 Menganalisis penerapan Hukum Bernoulli pada berbagai teknologi (teorema torricelli, venturimeter, karburator, tabung pitot dan gaya angkat pesawat)
- 3.4.8 Merancang aplikasi asas Bernoulli secara berkelompok

Tujuan Pembelajaran

- Melalui modul STEM siswa mampu :
1. Menguraikan dengan kata-kata sendiri pengertian Hukum Bernoulli
 2. Menganalisis prinsip Bernoulli pada fluida dinamis dalam kehidupan sehari-hari
 3. Menganalisis penerapan Hukum Bernoulli pada berbagai teknologi (teorema torricelli, venturimeter, karburator, tabung pitot dan gaya angkat pesawat)
 4. Merancang aplikasi asas Bernoulli secara berkelompok

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

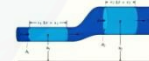
KEGIATAN BELAJAR 2
PERSAMAAN BERNOULLI

Dalam kehidupan sehari-hari, fluida sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Pada jaman serba teknologi ini, penerapan fluida sering kita jumpai baik dalam bidang teknologi, kesehatan dan lain sebagainya. Coba kalian temukan kegunaan dan penerapan fluida dalam kehidupan sehari-hari.

A. Persamaan Bernoulli

Science Problem

Fluida dapat dikatakan mengalir jika fluida tersebut bergerak terus-menerus terhadap sekitarnya. Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menjumpai penerapan dari fluida. Salah satunya terhadap persamaan Bernoulli. Bagaimana prinsip dari persamaan Bernoulli?



Gambar 6. Fluida ideal mengalir melalui suatu pipa yang luas penampangnya berbeda (Sumber: artikelnesia.com)

Persamaan Bernoulli menjelaskan bahwa suatu kenaikan kecepatan aliran fluida maka tekanan fluida juga akan mengalami penurunan. Begitu pula sebaliknya, jika tekanan pada fluida yang mengalir menurun maka kecepatan aliran fluida akan meningkat. Pada gambar diatas, dapat kita lihat bahwa fluida memasuki tabung dari ujung kiri dan keluar melalui ujung kanan. Karena fluida yang digunakan merupakan fluida tak termampatkan maka volume fluida yang masuk akan sama dengan volume fluida yang keluar, dengan asumsi ρ konstan. Dengan menerapkan prinsip konservasi pada sebuah energi pada fluida maka secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

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

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Adapun makna fisis dari persamaan diatas yaitu "Untuk fluida ideal yang mengalir melalui suatu penampang, jumlah tekanan (P), energi potensial per satuan volume ($\frac{\rho \cdot g \cdot h}{v} = \rho g h$), dan energi kinetik persatuan volume ($\frac{\rho \cdot v^2}{2} = \frac{1}{2} \rho v^2$) dari fluida tersebut disetiap titik sepanjang garis arus bernilai tetap (konstan)". Oleh karena itu, secara umum persamaan Bernoulli dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P + \rho g h + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{konstan}$$

- Keterangan :
- P = tekanan (N/m²)
 - ρ = massa jenis fluida (kg/m³)
 - g = percepatan gravitasi (m/s²)
 - h = ketinggian fluida dari titik acuan (m)
 - v = kecepatan fluida (m/s)

Contoh Soal

Pipa air utama memasuki rumah melalui pipa yang berada 2 m dibawah permukaan tanah. Pipa dengan dengan diameter kecil membawa air ke keran yang berada 5 m diatas permukaan tanah didalam kamar mandi yang terletak dilantai dua. Air mengalir dengan kelajuan 2 m/s pada pipa utama dan 2x10¹ Pa, maka perbedaan tekanan antara pipa utama dan pipa lantai dua adalah

Penyelesaian :

Diketahui : pipa utama 2 m dibawah permukaan tanah, sehingga kita anggap $h_1 = 0$ m dan $h_2 = 7$ m, $v_1 = 2$ m/s $P_1 = 2 \times 10^1$ N

Ditanya : $P_2 = ?$

Jawab :

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

$$20000 + (1000)(10)(0) + \frac{1}{2}(1000)(2)^2 = P_2 + (1000)(10)(7) + \frac{1}{2}(1000)(7)^2$$

$$P_2 = 20.2 \times 10^4 - 9.45 \times 10^4$$

$$P_2 = 10.75 \times 10^4 \text{ Pa}$$

Maka selisih tekanan = $20.2 \times 10^4 - 10.75 \times 10^4 = 9.25 \times 10^4$ Pa

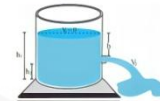
Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

B. Teorema Torricelli

Science and Mathematics Problem

Pernahkah kalian melihat suatu tangki air yang bocor? Maka air akan menyembur dari lubang tangki dengan kecepatan dan jarak tertentu. Bagaimana cara mengetahui dan menghitung kecepatan dan jarak fluida yang keluar dari tangki?

Untuk mengetahui seberapa besar kecepatan dan jarak semburan air pada tandon yang berlubang dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Bernoulli.



Gambar 7. Tangki bocor (Sumber: comix.net)

Pada tangki dengan luas penampang A_1 berisi air setinggi h_1 dari dasar tangki. Kemudian terdapat lubang dengan luas penampang A_2 setinggi h_2 dari dasar tangki. Karena pada dinding tangki terdapat lubang, maka air pada permukaan akan menurun dengan kecepatan v_1 dan air menyembur keluar dari dinding tangki dengan kecepatan v_2 . Permukaan air pada tangki serta pada lubang tangki akan mengalami pengaruh tekanan dari udara luas P_0 , sehingga $P_1 = P_2 = P_0$. Karena kecepatan turunnya air pada permukaan diabaikan terhadap gerak sembur air ($v_1 \approx 0$), maka secara matematis untuk menghitung kecepatan aliran air yang menyembur dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_0 + \frac{1}{2} \rho (0)^2 + \rho g h_1 = P_0 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$\rho g h_1 = \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

Jika $(h_1 - h_2) = h$, maka :

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

Sehingga nilai dari debit semburan air yaitu :

$$Q = A_2 \sqrt{2gh}$$

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Berdasarkan persamaan tersebut, bahwa laju aliran air pada lubang yang berjarak h dari permukaan wahas sama dengan laju aliran air yang jatuh bebas sejauh h . Hal ini dikenal dengan **Teorema Torricelli**. Untuk mencari persamaan jarak, maka kalian dapat melihat persamaan pada gerak lurus berubah beraturan (GLBB) yaitu :

$$h_2 = \frac{1}{2} g t^2 \text{ sehingga } t = \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$$

Karena gerak fluida pada sumbu-x merupakan gerak lurus beraturan (GLB), secara matematis berlaku persamaan :

$$x = v_x t$$

$$x = \sqrt{2gh} \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{4(h)(h_2)}$$

$$x = 2\sqrt{h h_2}$$

- Keterangan :
- h_2 = tinggi dari permukaan zat cair ke lubang bejana (m)
 - h = tinggi dari lubang ke dasar bejana (m)
 - $h = (h_1 - h_2)$ (m)
 - v = kecepatan zat cair keluar (m/s)
 - t = waktu yang diperlukan zat cair jatuh di tanah (s)
 - x = jarak jatuh zat cair di tanah (m)
 - g = percepatan gravitasi (m/s²)

Contoh Soal

Tinggi permukaan air pada tangki adalah 1,25 m, sedangkan tempat kebocoran 80 cm dari dasar tangki. Jika tutup lubang pada kebocoran dibuka maka berapakah kecepatan air yang mengalir melalui lubang tersebut

Diketahui : $H = 1,25$ m $h = 0,8$ m

Ditanya : v ?

$$\text{Jawab : } v = \sqrt{2x(H-h)}$$

$$v = \sqrt{2 \times 1,25 \times (1,25 - 0,8)}$$

$$v = \sqrt{1} = 1 \text{ m/s}$$

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

C. Venturimeter

Mathematics Problem

Darah berfungsi untuk menyampaikan zat-zat dan oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh. Lalu, bagaimanakah cara untuk mengukur laju aliran darah dalam arteri?

Dalam dunia medis, untuk mengukur laju aliran darah kita dapat menggunakan prinsip tabung venturi yang merupakan sebuah pipa dengan penyempitan (mirip kerongkongan). Tabung venturi juga merupakan dasar dari venturimeter yang digunakan untuk mengukur laju aliran fluida. Udara yang mengalir didalam pipa ini akan bergerak lebih cepat ketika melewati bagian yang sempit sehingga tekanan udara di dalam bagian yang sempit akan lebih rendah.

1. Venturimeter tanpa manometer



Gambar 8. Venturimeter tanpa manometer (Sumber: Buku fisika untuk siswa SMA)

Coba kita perhatikan gambar diatas, dimana venturimeter mampu digunakan untuk mengukur kecepatan aliran darah di dalam pembuluh-pembuluh nadi. Kecepatan v_1 dapat ditentukan dengan mengukur tekanan P_1 dan P_2 , luas penampang A_1 dan A_2 serta densitas fluida. Pada venturimeter tanpa manometer, kecepatan aliran fluida ditentukan dengan menggunakan persamaan Bernoulli untuk kasus fluida yang bergerak pada pipa horizontal ($h_1 = h_2 = 0$), yaitu

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

Berdasarkan hukum pokok hidrostatis diperoleh $P_1 - P_2 = \rho g h$ dan menurut asas kontinuitas diperoleh $v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1$, kemudian dengan memasukkan rumus tersebut ke dalam persamaan Bernoulli, maka di dapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\rho g h = \frac{1}{2} \rho \left[\left(\frac{A_1}{A_2} v_1 \right)^2 - v_1^2 \right]$$

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

$$gh = \frac{1}{2} v_1^2 \left[\left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 - 1 \right]$$

Sehingga,

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 - 1}} \quad v_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2}}$$

Keterangan :

- v_1 = kelajuan fluida yang melalui pipa dengan luas penampang A_1
- v_2 = kelajuan fluida yang melalui pipa dengan luas penampang A_2
- h = perbedaan ketinggian permukaan zat cair pada kolom 1 dan 2

2. Venturimeter dengan manometer



Gambar 9. Venturimeter dengan manometer (Sumber: ayo-sekolah/taika.com)

Bagaimana dengan venturimeter yang dilengkapi manometer? Jika venturi dilengkapi dengan manometer (berupa pipa U yang berisi zat cair lainnya), seperti gambar disamping maka kecepatan aliran fluidanya dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}} \quad v_2 = A_1 \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho(A_2^2 - A_1^2)}}$$

Keterangan :

- ρ' = massa jenis fluida pada manometer (kg/m³)
- ρ = massa jenis fluida yang diukur kecepatannya (kg/m³)
- h = perbedaan ketinggian permukaan fluida pada manometer (m)

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Contoh Soal

Sebuah venturimeter terbuka (tanpa manometer) yang memiliki luas penampang sebesar 10 cm² dan luas penampang kecil 5 cm² digunakan untuk mengukur kecepatan aliran air. Jika perbedaan ketinggian permukaan air 15 cm, hitunglah kecepatan aliran air pada penampang besar (1) dan penampang kecil (2). ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Diketahui : $A_1 = 10 \text{ cm}^2$, $A_2 = 5 \text{ cm}^2$

$$h = 15 \text{ cm} = 15 \times 10^{-2} \text{ m}, \quad g = 10 \text{ m/s}^2$$

Ditanya : v_1 dan v_2 ...?

Jawab : Kecepatan aliran air pada penampang besar :

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 - 1}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(10)(15 \times 10^{-2})}{\left(\frac{5 \text{ cm}^2}{10 \text{ cm}^2} \right)^2 - 1}} = 1 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran air pada penampang kecil :

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1$$

$$v_2 = \left(\frac{10 \text{ cm}^2}{5 \text{ cm}^2} \right) 1 \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$$

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

D. Karburator

Science and Technology Problem

Karburator adalah sebuah alat pada mesin yang digunakan untuk menghasilkan suatu campuran bahan bakar dengan udara pada proses pembakaran. Cara kerja dari karburator dapat dijelaskan berdasarkan persamaan Bernoulli. Bagaimanakah cara kerja karburator tersebut?

Pada karburator terdapat tabung venturi yang memiliki bentuk tabung menyempit sehingga saat udara yang masuk melalui tabung venturi maka udara akan bergerak dengan kecepatan tinggi karena melalui bagian yang menyempit. Hal tersebut sesuai dengan persamaan Bernoulli yaitu tekanan udara rendah pada bagian yang menyempit sehingga lebih kecil dari tekanan atmosfer pada permukaan bahan bakar di dalam tangki bensin sehingga tekanan atmosfer pada permukaan bensin di dalam tangki akan memaksa bensin terserbut keluar melalui jet, sehingga akan bercampur dengan udara dan campuran ini berupa kabut yang mudah terbakar.

E. Tabung Pitot

Technology, Engineering and Mathematics Problem

Tahukah kalian jika di sejumlah *body* pesawat terpasang beberapa tabung logam yang menonjol dan menghadap ke depan? Apa tujuan pemasangan tabung tersebut dan bagaimanakah cara menghitungnya? Apakah juga menerapkan prinsip dari Bernoulli?

Pada pesawat terbang, kita mampu mengukur kecepatan aliran udara dengan menggunakan prinsip dari Bernoulli yaitu dengan menggunakan tabung pitot atau pipa pitot. Tabung pitot merupakan alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran suatu gas atau udara dan dilengkapi dengan manometer yang berisi zat cair.

Gambar 10. Tabung Pitot (Sumber: fitahfluida.wordpress.com)

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Pada tabung ini terdapat 2 lubang yaitu satu lubang dihubungkan dengan suatu pipa yang ujungnya tertutup sehingga udara dalam pipa menjadi diam, sedangkan lubang yang lainnya berisi udara yang bersentuhan dengan udara yang bergerak. Biasanya tabung pitot ini terletak di *body* pesawat yang digunakan untuk mengukur kecepatan pesawat terhadap bumi. Oleh karena itu, kecepatan udara terhadap pesawat sama dengan kecepatan pesawat terhadap tanah sehingga untuk mengukur kelajuan gas atau udara yang mengalir melalui tabung pitot dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$v = \sqrt{\frac{2\rho'gh}{\rho_w}}$$

Keterangan :

- v = kelajuan aliran udara atau gas (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- h = selisih tinggi permukaan zat cair di dalam manometer (m)
- ρ' = massa jenis zat cair dalam manometer (kg/m³)
- ρ_w = massa jenis gas (kg/m³)

Contoh Soal

Sebuah pipa pitot digunakan untuk mengukur kelajuan udara yang melalui sebuah terowongan. Pipa pitot ini dilengkapi dengan manometer alkohol ($\rho_w = 800 \text{ kg/m}^3$). Apabila beda tinggi antara kedua kaki manometer 18 cm dan massa jenis udara $\rho_w = 1,2 \text{ kg/m}^3$, berapakah kelajuan aliran udara tersebut... ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Penyelesaian :

$$\text{Diketahui : } \rho_w = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_w = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$h = 18 \text{ cm} = 0,18 \text{ m}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

Ditanyakan : $v = \dots$?

Jawab: Persamaan yang berlaku dalam pipa pitot.

$$v = \sqrt{\frac{2\rho'gh}{\rho_w}}$$

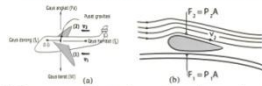
$$v = 20\sqrt{6} \text{ m/s}$$

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

F. Gaya Angkat Pesawat

Science, Technology and Engineering Problem

Pesawat terbang adalah alat transportasi yang sering kita lihat. Akan tetapi pernahkah kalian berfikir mengapa pesawat terbang yang besar dan berat dapat terbang diudara dengan ringan? Kemudian mengapa desain sayap pada pesawat dibuat pipih dan apa tujuannya?



Gambar 11. Gaya-gaya yang bekerja pada pesawat dan garis arus pada sayap pesawat. (Sumber: <https://dokumen.tips/documents/gaya-angkat-sayap-pesawat-terbang.html>)

Sebuah pesawat terbang dapat tinggal landas dan mengudara karena adanya gaya angkat ini disebabkan oleh adanya aliran udara yang melalui sayapnya. Sayap pesawat ini didesain memiliki bagian belakang yang lebih pipih daripada bagian depannya dan sisi bagian atas lebih melengkung daripada sisi bagian bawahnya, hal ini digunakan untuk membelokkan udara sehingga aliran udara dapat dikumpulkan bersama di atas sayap. Aliran di atas sayap ini menunjukkan bahwa laju udara di atas sayap lebih besar daripada laju aliran udara di bawah sayap pesawat.

Oleh karena itu, tekanan udara di atas sayap lebih kecil daripada tekanan di bawahnya sehingga terjadi gaya total ke atas atau lift dinamik. Hal ini sesuai dengan persamaan Bernoulli, dimana perbedaan tekanan ini menghasilkan gaya angkat pada pesawat. Sayap pesawat biasanya dimiringkan sedikit ke atas sehingga udara yang mengenai permukaan bawah dibelokkan ke bawah. Secara matematis, besarnya gaya angkat pesawat dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

$$v_2 > v_1 \text{ sehingga } P_2 < P_1$$

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2)$$

$$P_2 - P_1 = \frac{F_2 - F_1}{A}$$

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

$$F_2 - F_1 = \frac{1}{2} \rho A (v_1^2 - v_2^2)$$

Keterangan :

- ρ = massa jenis udara (kg/m³)
- v_1 = kecepatan aliran udara pada bagian atas pesawat (m/s)
- v_2 = kecepatan aliran udara pada bagian bawah pesawat (m/s)
- F = gaya angkat pesawat (N)
- A = luas permukaan pesawat (m²)

Pada saat pesawat terbang melayang di udara, terdapat 4 buah gaya yang mempengaruhi yaitu :

- 1) Gaya berat, yang disebabkan oleh gaya gravitasi bumi
- 2) Gaya angkat, yang disebabkan oleh bentuk pesawat
- 3) Gaya ke depan, yang disebabkan oleh mesin pesawat
- 4) Gaya gesekan, yang disebabkan oleh gesekan udara

Contoh Soal

Sebuah pesawat terbang memerlukan gaya angkat 52000 N/m² pada sayap pesawatnya agar bisa mengangkat pesawat. Massa jenis udara yang diketahui adalah sebesar 1,3 kg/m³. Jika kelajuan aliran udara sepanjang permukaan bawah sayap adalah 150 m/s, jika luas total pesawat sekitar 20 m². Berapa seharusnya kecepatan aliran udara sepanjang permukaan atas sayap agar dapat menghasilkan gaya angkat?

Penyelesaian :

Diketahui : $P = 52000 \text{ N/m}^2$, $\rho = 1,3 \text{ kg/m}^3$
 $v_1 = 150 \text{ m/s}$, $A = 20 \text{ m}^2$

Ditanya : v_2 ?

Jawab :

$$F = \frac{1}{2} \rho A (v_1^2 - v_2^2)$$

$$52.000 = \frac{1}{2} (1000)(20)(v_1^2 - (150)^2)$$

$$40.000 = v_2^2 - (150)^2$$

$$v_2^2 = 62.500$$

$$v_2 = 250 \text{ m/s}$$

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

ENGINEERING PROJECT

Membuat Miniatur Pesawat Terbang



Sumber: <https://maha.com/moldfs.com>

Pernahkah kamu melihat pesawat terbang? Pesawat terbang diterbangkan pertama kali oleh Wright bersaudara. Seiring perkembangan jaman, bentuk, dan mesin pesawat terbang mulai disempurnakan. Setelah mempelajari konsep-konsep penting terkait fluida dinamis salah satunya konsep Hukum Bernoulli, maka diharapkan kamu dapat membuat miniatur pesawat terbang dengan menggunakan bahan-bahan yang tersedia di lingkungan sekitar. Rancanglah miniatur pesawat terbang semenarik dan seunik mungkin sehingga dapat menarik perhatian orang lain untuk memilikinya. Dalam pembuatan miniatur pesawat terbang ini, tuliskan langkah-langkah dalam pembuatannya dan hendaknya memperhatikan prinsip-prinsip Hukum Bernoulli sehingga memperoleh desain pesawat terbang yang benar-benar aerodinamis.

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Rangkuman

1. Persamaan Bernoulli menjelaskan bahwa suatu kenaikan kecepatan aliran fluida maka tekanan fluida juga akan mengalami penurunan. Begitu pula sebaliknya, jika tekanan pada fluida yang mengalir menurun maka kecepatan aliran fluida akan meningkat.

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2 \text{ atau } P + \rho g h + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{konstan}$$

2. Untuk mengetahui seberapa besar kecepatan dan jarak semburan air pada tandon yang berlubang dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Bernoulli

$$v_2 = \sqrt{2gh} \text{ dan } x = 2\sqrt{h h_2}$$

3. Kecepatan aliran zat cair pada venturimeter tanpa manometer :

$$v_1 = \frac{zgh}{\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 - 1} \text{ dan } v_2 = \frac{zgh}{1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2}$$

4. Kecepatan aliran zat cair pada venturimeter dengan manometer :

$$v_1 = A_1 \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}} \text{ dan } v_2 = A_2 \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$

5. Kecepatan aliran fluida (gas) yang mengalir melalui tabung pitot :

$$v = \sqrt{\frac{2\rho'gh}{\rho_0}}$$

6. Persamaan gaya angkat pesawat terbang yaitu :

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2)$$

$$P_2 - P_1 = \frac{F_2 - F_1}{A}$$

$$F_2 - F_1 = \frac{1}{2} \rho A (v_1^2 - v_2^2)$$

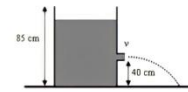
Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Tes Formatif

- UN 2013
Perhatikan alat-alat berikut!
(1) Pompa Hidrolik
(2) Karburator
(3) Venturimeter
(4) Termometer
Alat-alat yang prinsip kerjanya berdasarkan hukum Bernoulli adalah...
a. (1) dan (2)
b. (1) dan (3)
c. (1) dan (4)
d. (2) dan (3)
e. (2) dan (4)
- UN 2002
Pipa berjari-jari 15 cm disambung dengan pipa lain yang berjari-jari 5 cm. Keduanya dalam posisi horizontal. Apabila kecepatan aliran air pada pipa besar adalah 1 m/s pada tekanan 10^5 N/m^2 , maka tekanan pada pipa yang kecil (massa jenis air 1 gram/cm³) adalah...
a. 10^4 N/m^2
b. $15 \times 10^4 \text{ N/m}^2$
c. $3 \times 10^4 \text{ N/m}^2$
d. $6 \times 10^4 \text{ N/m}^2$
e. $9 \times 10^4 \text{ N/m}^2$
- Salah satu penyebab pesawat terbang dapat terbang diudara adalah...
a. Adanya perubahan momentum dari pesawat
b. Gaya angkat dari mesin pesawat
c. Perbedaan tekanan dan aliran-aliran udara
d. Berat pesawat lebih kecil dibandingkan berat udara yang dipindahkan
e. Pengaturan titik berat pesawat
- UN 2013
Sebuah bak yang besar berisi air dan terdapat sebuah kran seperti gambar dibawah ini. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$, maka kecepatan semburan air dari kran adalah...

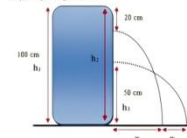
Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

- 3 m/s
- 8 m/s
- 30 m/s
- 80 m/s
- 900 m/s



5. UN 2001

Sebuah tabung berisi zat cair (ideal). Pada dindingnya terdapat dua lubang kecil (jauh lebih kecil dari penampang tabung) sehingga zat cair memancar (terlihat seperti pada gambar)



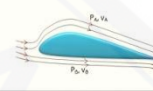
Perbandingan antara x_1 dan x_2 adalah...

- 2 : 3
- 2 : 5
- 3 : 4
- 3 : 5
- 4 : 5

6. UN 2011

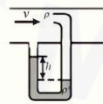
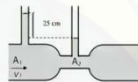
Sayup pesawat terbang dirancang agar memiliki gaya angkat ke atas maksimal, seperti gambar dibawah ini. Jika v adalah kecepatan aliran udara dan P adalah tekanan udara, maka sesuai dengan azas Bernoulli rancangan tersebut dibuat agar...

- $v_A > v_B$ sehingga $P_A > P_B$
- $v_A > v_B$ sehingga $P_A < P_B$
- $v_A < v_B$ sehingga $P_A < P_B$
- $v_A < v_B$ sehingga $P_A > P_B$
- $v_A > v_B$ sehingga $P_A = P_B$



Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

- UN 2016
Tabung berisi air setinggi 100 cm terisi air penuh dan terdapat lubang Q yang terletak 10 cm dari permukaan tanah. Jarak pancaran air horizontal (x) adalah...
a. 0,2 m
b. 0,3 m
c. 0,6 m
d. 0,9 m
e. 1,0 m
- Sebuah venturimeter yang dialiri air memiliki luas penampang $A_1 = 12 \text{ cm}^2$ dan $A_2 = 8 \text{ cm}^2$. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$ dan perbedaan ketinggian permukaan air (h) = 25 cm, maka kecepatan aliran air (v_2) yang memasuki pipa venturi adalah...
a. 10 m/s
b. 8 m/s
c. 6 m/s
d. 4 m/s
e. 2 m/s
- Alat yang menerapkan hukum Bernoulli dan digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara atau gas adalah...
a. Karburator
b. Venturimeter
c. Tabung Pitot
d. Penyemprot Nyamuk
e. Hidrometer
- Sebuah tabung pitot digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara yang memiliki massa jenis $1,3 \text{ kg/m}^3$. Jika perbedaan tinggi permukaan air dalam manometer sebesar 13 cm dan massa jenis air 1000 kg/m^3 , maka kecepatan udara yang diukur adalah... ($g = 10 \text{ m/s}^2$)
a. $5\sqrt{2} \text{ m/s}$
b. $15\sqrt{5} \text{ m/s}$
c. $20\sqrt{5} \text{ m/s}$
d. $10\sqrt{10} \text{ m/s}$
e. $20\sqrt{20} \text{ m/s}$



Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

PENILAIAN DIRI

Setelah menjawab semua soal Tes Formatif dalam Kegiatan Belajar 2, cocokkanlah jawaban kamu dengan kunci jawaban yang terlampir pada bagian akhir modul. Kemudian, hitunglah jumlah jawaban benar untuk mengetahui tingkat penguasaan kamu pada Kegiatan Belajar 2 menggunakan rumus berikut :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{jumlah skor benar}}{\text{jumlah soal}} \times 100\%$$

Keterangan :

- 90% - 100% : Baik sekali
- 80% - 89% : Baik
- 70% - 79% : Cukup
- < 70% : Kurang

Jika tingkat penguasaan kamu 80% atau lebih, maka telah selesai menguasai Kegiatan Belajar 2. Namun jika tingkat penguasaan kamu masih kurang dari 80%, maka kamu harus mengulangi Kegiatan Belajar 2 ini, terutama bagian yang belum dipahami.

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Lembar Kerja Siswa

Kelompok/ Kelas :
 Nama Anggota/ No Absen : 1.
 2.
 3.
 4.
 5.



"Teorema Torricelli"

A. Kegiatan Pembelajaran

1. Siswa membentuk kelompok dengan anggota 5 orang
2. Setiap kelompok melakukan praktikum dan berdiskusi menyelesaikan soal diskusi

B. Alat dan Bahan

1. Paku/solder (1 buah)
2. Mister (1 buah)
3. Spidol (1 buah)
4. Plester (1 buah)
5. Gunting (1 buah)
6. Botol Plastik 1.5 L (1 buah)
7. Air

C. Prosedur Percobaan

1. Buatlah 3 lubang pada botol plastik menggunakan paku/solder dengan jarak antar lubang memiliki interval 5 cm diukur dari alas botol dan diameter lubang dibuat sama.
2. Jarak antar lubang ditulis dengan spidol agar terlihat jelas. Kemudian tutuplah ketiga lubang tersebut menggunakan plester.
3. Isilah botol dengan air hingga penuh, lalu bukakan plester pada penutup lubang pertama.
4. Ukurlah jarak jangkauan pancaran air ketika sampai ditahan dalam waktu 1 sekon menggunakan mistar.

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

5. Amatilah kecepatan pancaran air yang keluar dari awal hingga habis
6. Lakukan langkah ke 3-5 secara bergantian untuk lubang ke 2 dan 3
7. Kemudian catat hasil pengamatan pada tabel hasil pengamatan

D. Data Hasil Pengamatan

Tabel Pengamatan

Lubang	h (cm)	h ₂ (cm)	X (cm)	Perhitungan dengan teori		
				v (m/s)	t (sekon)	X (cm)
I						
II						
III						

E. Analisis Data

1. Analisislah tabel hasil pengamatan kalian! Bagaimana kecepatan pancaran air pada ketiga lubang tersebut? Lubang manakah yang memancarkan air paling kuat dan manakah yang paling lemah? Jelaskan.
2. Bagaimanakah jangkauan pancaran air pada setiap lubang? Lubang manakah yang memiliki jangkauan terjauh? Urutkanlah berdasarkan jangkauan yang terjauh hingga terdekat.
3. Apa sajakah faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan dan jangkauan pancaran air? Jelaskan.

F. Kesimpulan Percobaan

Buatlah kesimpulan mengenai hasil percobaan tersebut.

.....

.....

.....

.....

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

Glosarium

- Aerodinamis** : bentuk desain luar kendaraan yang ditujukan untuk mengurangi pengaruh pergerakan udara yang dapat mempengaruhi kestabilan kendaraan ketika bergerak.
- Diffuser** : alat yang digunakan untuk memperlambat aliran udara dan meningkatkan tekanan statis dari fluida yang melewati suatu sistem.
- Inlet** : alat yang terletak di depan kompresor, berfungsi sebagai tempat masuknya udara yang diperlukan untuk terjadinya pembakaran di dalam ruang bakar (*burner*)
- Noel** : alat untuk mengontrol arah atau karakteristik fluida saat keluar dari ruangan tertutup melalui suatu lubang.

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

DAFTAR PUSTAKA

Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Halliday, D., J. Walker, dan R. Resnick. 2005. *Fisika Dasar Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Salim, A., dan S. Taib. 2018. *Fisika Dasar 1*. Yogyakarta : Budi Utama.

Sears, F.W., and Zemansky, M.W. 1982. *Fisika untuk Universitas Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.

Surya, Y. 2009. *Mekanika dan Fluida Buku 2*. Tangerang : Kandel.

Fluida Ideal, Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli

KUNCI JAWABAN

Kegiatan Belajar 1	
1	A
2	A
3	D
4	E
5	B
6	C
7	A
8	C
9	D
10	A

Kegiatan Belajar 2	
1	D
2	D
3	C
4	A
5	E
6	B
7	C
8	E
9	C
10	C

MODUL FLUIDA DINAMIS KELAS XI



Program Studi Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember



Lampiran 4.8 Dokumentasi

