



Improving Understanding of the Concept of the Effect of Temperature on Fluid Flow Characteristics Through Experimental Methods for Engineering Students

Kunlestiowati Hadiningrum^{*1)}, Ratu Fenny Muldiani²⁾, Defrianto Pratama³⁾

¹⁾ *Chemical Engineering Department, Politeknik Negeri Bandung*

²⁾ *Energy Engineering Department, Politeknik Negeri Bandung*

³⁾ *Electrical Engineering Department, Politeknik Negeri Bandung*

e-mail: ^{*)}kunlestiowati@polban.ac.id
ratu.fenny@polban.ac.id
defrianto.pratama@polban.ac.id

Abstract

This research is motivated by the high need for dynamic fluid concepts in the industrial world. to research the increased understanding of the concept of the influence of temperature on the characteristics of fluid flow which is part of the subject matter of fluid dynamics, an experimental module was prepared based on the optimization results of the appropriate physical quantities through testing of experimental instruments. The research aims to know the understanding the concept of the influence of temperature on the characteristics of fluid flow through experimental activities, to support the learning of dynamic fluid concepts for engineering students at the Bandung State Polytechnic. The research method uses quasi-experimental research, with experimental class learning treatment through theory and experimentation, while in the control class only through theory. To examine the effect of the experimental method on learning outcomes of conceptual understanding with 7 indicators using simple statistical analysis techniques. The results of the data analysis obtained an increase in understanding of the concept of the group of students who carried out experimental activities higher than the group of students who only received learning in theory class. The results of the normality test for the experimental class and control classes stated that the pre-test and post-test data were normally distributed. The results of the accumulated percentage of respondents' questionnaires, as many as 92.1% of respondents gave positive responses (strongly agreed and agreed) on quality and only 7.9% of respondents gave ordinary responses. Based on the average N-Gain, it was obtained that the experimental class had a greater N-Gain value than the control class, then based on the t-test, students' understanding of the concepts of the experimental class and the control class had a significant difference after being given treatment, it can be interpreted that the class that received experimental learning was more have a higher conceptual understanding.

Keywords: *experimental method, concept understanding, fluid flow characteristics*

Peningkatan Pemahaman Konsep Pengaruh Temperatur terhadap Karakteristik Aliran Fluida Melalui Metode Eksperimen Bagi Mahasiswa Rekayasa

Kunlestiowati Hadiningrum^{*1)}, Ratu Fenny Muldiani²⁾, Defrianto Pratama³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung

²⁾Jurusan Teknik Energi, Politeknik Negeri Bandung

³⁾Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingginya kebutuhan konsep fluida dinamis di dunia industri. Untuk mengkaji peningkatan pemahaman konsep pengaruh temperatur terhadap karakteristik aliran fluida yang merupakan bagian pokok bahasan fluida dinamis, maka disusun modul eksperimen berdasarkan hasil optimasi besaran-besaran fisis yang sesuai melalui uji alat eksperimen. Tujuan penelitian adalah mengetahui pemahaman konsep pengaruh temperatur terhadap karakteristik aliran fluida melalui kegiatan eksperimen, guna mendukung pembelajaran konsep fluida dinamis bagi mahasiswa rekayasa Politeknik Negeri Bandung. Metode penelitian menggunakan penelitian eksperimen kuasi, dengan perlakuan pembelajaran kelas eksperimen melalui teori dan eksperimen, sedangkan pada kelas kontrol hanya melalui teori. Untuk mengkaji pengaruh metode eksperimen terhadap hasil belajar pemahaman konsep dengan 7 indikator yang menggunakan teknik analisis statistik sederhana. Hasil analisis data diperoleh peningkatan pemahaman konsep kelompok mahasiswa yang melakukan kegiatan eksperimen lebih tinggi dibanding dengan kelompok mahasiswa yang hanya mendapatkan pembelajaran di kelas teori. Hasil uji normalitas kelas eksperimen dan kelas kontrol menyatakan data *pre-test* dan *post-test* berdistribusi normal. Hasil akumulasi persentase angket responden, sebanyak 92,1% responden memberi tanggapan positif (sangat setuju dan setuju) terhadap kualitas dan hanya 7,9% responden memberikan tanggapan biasa. Berdasarkan rerata N Gain diperoleh kelas eksperimen memiliki nilai N-Gain yang lebih besar daripada kelas kontrol, kemudian berdasarkan uji-t, pemahaman konsep siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki perbedaan yang signifikan setelah diberikan perlakuan, maka dapat diartikan kelas yang mendapatkan pembelajaran eksperimen lebih memiliki pemahaman konsep yang lebih tinggi.

Kata kunci: metode eksperimen, pemahaman konsep, karakteristik aliran fluida

Pendahuluan

Konsep karakteristik aliran fluida perlu dikaji dalam ilmu keteknikan karena banyak diaplikasikan pada dunia industri. Pemahaman konsep ini juga sangatlah penting dimiliki mahasiswa rekayasa Politeknik Negeri Bandung (Rasagama et al, 2016). Konsep karakteristik aliran fluida perlu diajarkan kepada mahasiswa, karena konsep ini merupakan dasar untuk memahami bidang teknologi yang menerapkan dinamika fluida.

Konsep karakteristik aliran fluida salah satunya digunakan untuk menganalisis perubahan wujud yang dialami bahan bakar pada suatu proses produksi (Susilo et al, 2021) dan perilaku air pada pendinginan mesin dengan terjadinya proses pertukaran kalor ketika kondisi *overheat* (Kayana et al, 2018).

Penerapan fluida yang dialirkan pada suatu pipa juga sangat banyak ditemukan dalam berbagai bidang industri lainnya, seperti industri yang memanfaatkan alat *heat exchanger*, yaitu alat penukar panas yang mentransfer panas atau energi antara satu fluida dengan fluida lainnya. Penerapan teknologi *heat exchanger* banyak digunakan diberbagai industri, seperti industri pengolahan gas bumi, industri pangan, pabrik kimia, pembangkit listrik dan industri lainnya. Proses pada *heat exchanger* erat sekali hubungan antara aliran fluida pada pipa dan suhu (Husen et al, 2020).

Hasil pengamatan di lapangan tampak bahwa belum pernah ada kegiatan eksperimen fisika yang mengarah pada pemahaman konsep tersebut, sehingga belum tersedia modul eksperimen pengaruh temperatur terhadap karakteristik aliran fluida. Sementara untuk

memahami konsep fisika dengan lebih mudah perlu dilakukan kegiatan pembelajaran teori dan eksperimen (Subhan & Rahmawati, 2019). Kegiatan eksperimen pada pembelajaran fisika berdampak positif terhadap peningkatan penguasaan konsep peserta didik (Zakwandi et al., 2020).

Mahasiswa dikatakan dapat memahami konsep ketika mereka mampu membuat hubungan antara pengetahuan baru untuk ditambahkan dengan pengetahuan sebelumnya. Pengetahuan yang masuk diintegrasikan dengan model mental. Indikator pemahaman konsep menurut Anderson et al. (2001) adalah menafsirkan (*interpreting*), mencontohkan (*exemplifying*), mengklasifikasikan (*classifying*), menggeneralisasikan (*summarizing*), inferensi (*inferring*), membandingkan (*comparing*) dan menjelaskan (*explaining*).

Metode eksperimen dalam perkuliahan dapat meningkatkan hasil belajar dan berpengaruh terhadap sikap ilmiah (Pratiwi et al., 2020) psikomotor dan kognitif (Suseno et al., 2021). Melalui kegiatan eksperimen, mahasiswa mengalami pengalaman belajar dengan proses mengamati, mengidentifikasi masalah, menganalisis data, mencari hubungan sebab akibat antara fenomena fisis dengan teori yang berlaku untuk merumuskan kesimpulan (Darmaji et al, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan eksperimen dapat membangun kemampuan kognitif mahasiswa (Suseno, 2012). Berkaitan antara kebutuhan peningkatan pemahaman mahasiswa dalam konsep karakteristik aliran fluida dan metode eksperimen yang diperlukan dalam perkuliahan, maka diperlukan suatu penelitian dengan kajian peningkatan pemahaman konsep pengaruh temperatur terhadap karakteristik aliran fluida dengan menyediakan modul eksperimen, sebagai pendukung kegiatan eksperimen bagi mahasiswa. Dalam penelitian ini, dibuat modul eksperimen dengan tujuan memahami konsep pengaruh temperatur terhadap karakteristik aliran fluida pada pipa lurus tertutup. Modul yang telah diuji coba, digunakan oleh kelas eksperimen, yaitu kelas yang mendapatkan pembelajaran teori dan eksperimen. Untuk mengetahui dampak dari kegiatan eksperimen dalam memahami konsep diperlukan kelas eksperimen juga kelas kontrol, yaitu kelas yang

hanya mendapatkan pembelajaran secara teori saja sebagai kelas perbandingan.

Berdasarkan karakteristik pada metode eksperimen, maka modul eksperimen untuk kegiatan eksperimen bagi mahasiswa harus mempunyai variabel bebas dan variabel terikat untuk keperluan identifikasi. Variabel tersebut terdiri dari variabel yang direkayasa, variabel akibat rekayasa, dan variabel kontrol. Landasan pengembangan model eksperimen yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan praktis peralatan di industri (Damayanti et al., 2018). Selain modul percobaan yang digunakan untuk uji coba, mahasiswa diberi angket untuk mengetahui respon mahasiswa sebagai umpan balik untuk penyempurnaan modul. Penyempurnaan modul ini diperlukan untuk memastikan metode eksperimen yang diterapkan telah meningkatkan suatu konsep di dalam pembelajaran mata kuliah fisika terapan, khususnya kelompok Rekayasa Politeknik Negeri Bandung.

Menurut Mudlofir (2021) bahwa *student centered* dalam pembelajaran berfokus pada pembelajar bukan pada pendidik. *Student* diarahkan untuk mendapatkan pengalaman nyata di laboratorium, diskusi dan kontemplasi untuk memperoleh ide dan pengembangan konsep baru. Inilah pembelajaran dengan pendekatan konstruktivisme, siswa diarahkan pada *experimental learning*. Dalam karakteristik pendidikan vokasi, pembelajaran praktikum menjadi sangat penting sebagai sarana untuk mahasiswa menguji, menerapkan teori, dan pembuktian ilmiah, sekaligus mempraktikkan secara empiris kombinasi antara kemampuan kognitif, kemampuan afektif, dan juga psikomotor dengan menggunakan sarana laboratorium. Menurut Rasagama et al. (2018) pembelajaran dengan metode eksperimen menghasilkan penguasaan konsep dan pemahaman yang meningkat bila dibandingkan dengan perkuliahan secara teori saja tanpa adanya eksperimen.

Mata kuliah fisika terapan adalah mata kuliah wajib bagi mahasiswa kelompok Rekayasa Politeknik Negeri Bandung. Hidrodinamika adalah salah satu pokok bahasan dalam mata kuliah fisika terapan yang berhubungan dengan karakteristik aliran fluida. Fenomena fluida sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Penerapan mekanika fluida memiliki peran penting dalam bidang industri, diantaranya dalam perancangan sistem

perpipaan, banyak faktor yang berpengaruh terhadap aliran fluida dalam perpipaan. Salah satu besaran yang berpengaruh adalah temperatur, sehingga pemahaman konsep pengaruh temperatur terhadap jenis aliran fluida di dunia industri sangat penting, khususnya bagi mahasiswa bidang teknik.

Berdasarkan luasnya kebutuhan yang melibatkan proses mengalirnya fluida pada pipa, diperlukan suatu studi eksperimental karakteristik aliran fluida sebagai fungsi suhu, yang mengungkap hubungan antara suhu dengan karakteristik aliran fluida pada pipa. Suatu aliran fluida dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis aliran yaitu: laminar, transisi atau turbulen. Untuk mengetahui apakah suatu aliran fluida, laminar, transisi atau turbulen, dapat dikelompokkan berdasarkan besar bilangan Reynold (Re) begitu juga sebaliknya.

Bila bilangan Reynold (Re) kurang dari 2300, maka tipe aliran fluidanya laminar, sedangkan pada bilangan $2300 < Re < 4000$, aliran fluida berada pada tipe aliran transisi. Pada skala Re ini disebut juga sebagai bilangan Reynold kritis. Untuk Re yang lebih dari 4000 berada pada tipe aliran turbulen.

Ketika suhu fluida berubah, akan mengakibatkan perubahan kerapatan ρ dan perubahan viskositas μ , sehingga akan menyebabkan berubahnya bilangan Reynold yang menyebabkan berubahnya karakteristik aliran (Lumbantoruan & Erislah, 2016).

Fluida akan berubah volumenya ketika suhu berubah dengan menganggap pemuaian secara linier, maka memenuhi persamaan (1)

$$V(T) = V_0(1 + \gamma(T - T_0)) \quad (1)$$

Sehingga kerapatan fluida akan bergantung pada suhu yang memenuhi persamaan (2)

$$\rho(T) = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0(1 + \gamma(T - T_0))} \quad (2)$$

Selanjutnya fluida akan berubah nilai viskositasnya ketika suhu berubah, menurut Ike (2019) hubungan viskositas fluida terhadap suhu pada rentang suhu 278,15 K – 328,15 K dapat diaproksimasi sesuai persamaan (3)

$$\mu(T) = \exp \left[\left(\frac{E_a}{R} \right) \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_A} \right) \right] \quad (3)$$

T_A merupakan suhu Arrhenius yang besarnya memenuhi persamaan (4)

$$T_A = - \frac{E_a}{R \ln A} \quad (4)$$

$R = 8,31 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ adalah konstanta gas, E_a adalah energi aktivasi Arrhenius dan A adalah faktor pre-exponential untuk persamaan Arrhenius dalam sistem liquid. Sehingga persamaan bilangan Reynold merupakan fungsi dari suhu fluida sesuai persamaan (5)

$$Re(T) = \frac{D v \rho(T)}{\mu(T)} \quad (5)$$

atau dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan (6)

$$Re(T) = \frac{D v \rho_0 \exp \left[\left(\frac{E_a}{R} \right) \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_A} \right) \right]}{1 + \gamma(T - T_0)} \quad (6)$$

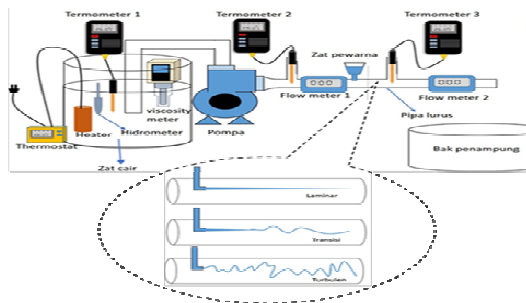
Untuk uji coba massa jenis dan viskositas, zat cair diukur menggunakan hidrometer dan viscosity meter terhadap variasi suhu. Zat cair kemudian dialirkan menggunakan pompa dan diukur suhunya ketika mengalir. Zat cair dialirkan pada jenis pipa lurus, terjadi perubahan karakteristik aliran fluida ketika suhu divariasikan.

Metode Penelitian

Tahap desain dan uji coba alat eksperimen dilakukan mulai dari perancangan alat uji coba untuk menentukan karakteristik aliran fluida melalui pipa lurus dengan variasi suhu pada zat cair, yaitu air. Untuk rancangan peralatan ditunjukkan pada Gambar 1.

Kegiatan uji coba alat eksperimen, dimana zat cair dipanaskan menggunakan heater dan suhunya diatur dengan thermostat. Massa jenis dan viskositas zat cair diukur menggunakan hidrometer dan viscosity meter terhadap variasi suhu. Zat cair kemudian dialirkan menggunakan pompa dan diukur suhunya ketika mengalir. Zat cair dialirkan pada jenis pipa lurus, sehingga terjadi

perubahan karakteristik aliran fluida ketika suhu divariasikan.



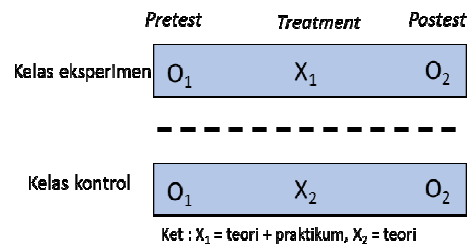
Gambar 1. Rangkaian alat uji eksperimen.

Setelah dilakukan optimasi dari hasil uji coba alat eksperimen, dilanjutkan penyusunan modul eksperimen sebagai pedoman bagi mahasiswa ketika melaksanakan kegiatan eksperimen. Modul yang disusun mengandung bagian-bagian sebagai berikut (Wijaya & Vidianti, 2019):

- 1) *Self Instruction*, mengandung tujuan dan panduan pelaksanaan eksperimen, sehingga memungkinkan mahasiswa dapat belajar mandiri.
- 2) *Self Contained*, modul mengandung materi pembelajaran singkat berkaitan dengan karakteristik aliran fluida, dilengkapi soal tugas pendahuluan sebagai panduan yang mengarahkan mahasiswa dalam mempelajari pokok bahasan secara tuntas. Di dalam modul terdapat gambar dan daftar peralatan yang akan digunakan dalam percobaan.
- 3) *Stand Alone*, di dalam modul eksperimen tersedia kolom isian data percobaan menurut kebutuhan besaran-besaran fisis apa saja yang akan diukur. Pertanyaan-pertanyaan yang diperlukan untuk mengarahkan mahasiswa mencari besaran fisis sesuai dengan tujuan eksperimen dan memungkinkan mahasiswa untuk me-

lakukan analisis terhadap hasil yang diperoleh.

Tahap validasi modul eksperimen, digunakan angket untuk mengetahui tanggapan mahasiswa terhadap kejelasan dan kemudahan. Selanjutnya pengukuran signifikansi tingkat pemahaman konsep digunakan metode kuasi eksperimen, dengan pembelajaran teori dan alat eksperimen yang diterapkan pada kelas eksperimen, sedangkan kelas kontrol diberikan perlakuan hanya berupa pembelajaran secara teori saja sesuai Gambar 2.



Gambar 2. Desain kuasi eksperimen.

Pre-test dan *Post-test* diberikan sebelum dan sudah perlakuan. Kelas eksperimen dan kelas kontrol masing-masing diberikan soal pre-test dan post-test berupa soal pilihan ganda sebanyak 30 butir soal untuk mengukur pemahaman konsep mahasiswa mengenai pengaruh temperatur terhadap aliran fluida. *N-Gain* digunakan untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep masing-masing kelas eksperimen dan kelas kontrol, dengan cara menghitung perbedaan nilai *pre-test* dan *post-test*.

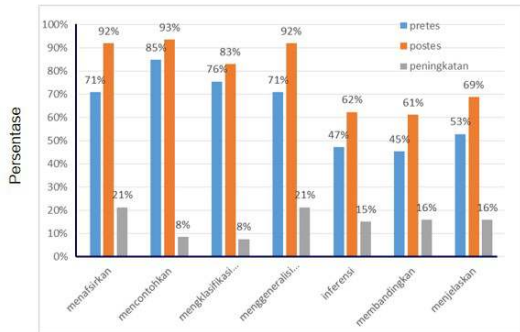
Hasil *pre-test* dan *post-test* kemudian diuji normalitasnya dengan menggunakan *Shapiro –Wilk Test*. Untuk mengetahui tingkat signifikan terhadap pengaruh perlakuan untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol, maka digunakan *independent sample t-test*.

Hasil dan Pembahasan

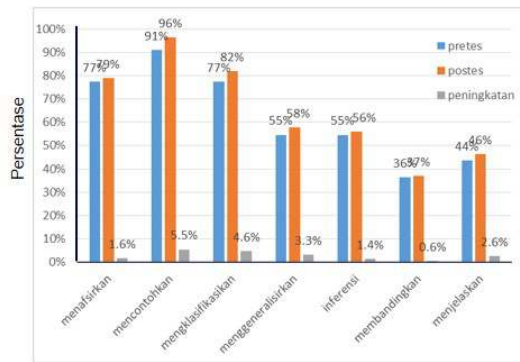
- 1) Profil peningkatan pemahaman konsep

Pemahaman konsep yang diukur meliputi indikator menafsirkan, mencontohkan, mengklasifikasikan, menggeneralisasi, inferensi, membandingkan dan menjelaskan. Pemahaman konsep ini diukur sebelum dan sesudah diberikan perlakuan menggunakan *pre-test* dan *post-test* untuk masing-masing kelas eks-

perimen dan kelas kontrol. Gambar 3 dan Gambar 4 memperlihatkan profil rerata presentasi pemahaman konsep untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol.



Gambar 3. Profil rerata persentase pemahaman konsep kelas eksperimen.



Gambar 3. Profil rerata persentase pemahaman konsep kelas kontrol.

Gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan bahwa peningkatan persentase pemahaman konsep untuk kelas eksperimen lebih besar dibandingkan dengan kelas kontrol pada setiap indikator.

2) *Pre-test* dan *post-test* kelas eksperimen dan kelas kontrol

Pre-test dan *post-test* dilakukan terhadap 24 mahasiswa kelas eksperimen dan 24 mahasiswa kelas kontrol. *Pre-test* digunakan untuk mengukur kemampuan awal mahasiswa sebelum dilaksanakan pembelajaran dan *post-test* digunakan untuk mengukur kemampuan mahasiswa setelah pembelajaran. Perolehan nilai *pre-test*, *post-test*, dan N-Gain kelas eksperimen diperlihatkan pada Tabel 1 dan kelas kontrol pada Tabel 2.

Tabel 1. Data nilai *pre-test*, *post-test* dan N-gain kelas eksperimen

Kelas Eksperimen	NILAI		
	Pre-test	Post-test	N-Gain
E01	40	60	0,50
E02	60	80	0,33
E03	53	73	0,38
E04	73	93	0,27
E05	67	77	0,15
E06	51	70	0,37
E07	66	84	0,27
E08	45	80	0,78
E09	50	62	0,24
E10	73	90	0,23
E11	73	83	0,14
E12	60	70	0,17
E13	73	91	0,25
E14	43	65	0,51
E15	60	80	0,33
E16	77	95	0,23
E17	67	84	0,25
E18	63	76	0,21
E19	63	85	0,35
E20	71	90	0,27
E21	83	96	0,16
E22	67	78	0,16
E23	70	85	0,21
E24	63	85	0,35
Rerata	62,96	80,50	0,30

Tabel 2. Data nilai *pre-test*, *posttest* dan N-gain kelas kontrol

Kelas Kontrol	NILAI		
	Pre-test	Post-test	N-Gain
K01	50	56	0,12
K02	72	75	0,04
K03	45	50	0,11
K04	43	45	0,05
K05	68	70	0,03
K06	53	60	0,13
K07	70	71	0,01
K08	50	51	0,02
K09	45	48	0,07
K10	78	80	0,03
K11	60	62	0,03
K12	73	75	0,03
K13	50	55	0,10
K14	67	70	0,04
K15	50	52	0,04
K16	73	76	0,04
K17	63	64	0,02
K18	67	69	0,03
K19	70	74	0,06
K20	60	61	0,02
K21	67	71	0,06
K22	82	85	0,04
K23	52	57	0,10
K24	48	55	0,15
Rerata	60,67	63,83	0,06

Kedua kelas memperlihatkan pola yang sama yaitu mengalami kenaikan nilai hasil. Rata-rata nilai *post-test* lebih tinggi dari nilai *pre-test*. Namun peningkatan nilai kelas eksperimen rata-rata lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.

Hasil uji normalitas dari kelas eksperimen dan kelas kontrol menyatakan data *pre-test* dan *post-test* berdistribusi normal, dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4, hasil kedua kelas tersebut H_0 diterima, artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil *pre-test* dan *post-test*.

Tabel 3. Hasil uji normalitas *pre-test* dan *post-test* pemahaman konsep kelas eksperimen.

Sumber Data	Shapiro-Wilk Test				
	Stat.	Df	Sig.	Distribusi	Ket.
Nilai <i>Pre-test</i>	0,953	24	0,3239	Normal	H_0 diterima
Nilai <i>Post-test</i>	0,949	24	0,2667	Normal	H_0 diteima

Tabel 4. Hasil uji normalitas *pre-test* dan *post-test* pemahaman konsep kelas kontrol

Sumber Data	Shapiro-Wilk Test				
	Stat.	Df	Sig.	Distribusi	Ket.
Nilai <i>Pre-test</i>	0,932	24	0,1062	Normal	H_0 diterima
Nilai <i>Post-test</i>	0,963	24	0,5065	Normal	H_0 diteima

Independent sample t-test diterapkan pada data nilai *pre-test* kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk mengukur signifikansi perbedaan pemahaman konsep awal siswa sebelum diberikan perlakuan. Kemudian setelah diberikan perlakuan, *independent sample t-test* diterapkan pada data nilai *posttest* kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk mengukur signifikansi perbedaan pemahaman konsep siswa setelah diberikan perlakuan. Hasil perhitungan *independent sample t-test* untuk data *pre-test* dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan untuk *post-test* pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil uji-t nilai *pre-test* kelas eksperimen dan kelas kontrol

Sumber Data	Independent Sample T- test (2-tailed)	
Nilai <i>Pre-test</i>	Sig.	Ket.
	0,488	H_0 diterima

Tabel 5 memperlihatkan bahwa H_0 diterima dan nilai signifikansi $> 0,05$ berarti tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap pemahaman konsep awal pada kelompok kelas eksperimen dengan kelas praktikum sebelum diberikan masing-masing perlakuan.

Tabel 6. Hasil uji-t nilai *post-test* kelas eksperimen dan kelas kontrol

Sumber Data	Independent Sample T- test (2-tailed)	
Nilai <i>Pre-test</i> & <i>Post-test</i>	Sig.	Ket.
	0,00001	H_0 ditolak

Tabel 6 memperlihatkan bahwa H_0 ditolak dan nilai signifikansi $< 0,05$ berarti perbedaan yang signifikan terhadap pemahaman konsep pada kelompok kelas eksperimen dengan kelas praktikum setelah diberikan masing-masing perlakuan.

Jika dilihat berdasarkan rerata N-Gain (Tabel 1 dan Tabel 2) bahwa kelas eksperimen memiliki nilai N-Gain yang lebih besar daripada kelas kontrol, kemudian berdasarkan uji-t, pemahaman konsep siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki perbedaan yang signifikan setelah diberikan perlakuan, maka dapat diartikan kelas yang mendapatkan pembelajaran eksperimen lebih memiliki pemahaman konsep yang lebih tinggi, hal ini terjadi karena pembelajaran eksperimen dapat memberikan sikap ingin tahu (*curiosity*) terhadap fenomena fisika, sehingga mahasiswa akan mengalami pengalaman belajar baru yaitu menemukan dan membuktikan sebuah teori (Sitopu & Probowati, 2017). Pembelajaran dengan metode eksperimen dapat menunjang pemahaman konsep mahasiswa terhadap materi pada kelas teori. Selain itu juga, kegiatan eksperimen adalah bagian dari pengajaran yang bertujuan supaya mahasiswa mendapat kesempatan untuk menguji dan menerapkan konsep yang didapatkan di kelas teori pada kondisi nyata (Pertiwi et al, 2020).

2) Angket Tanggapan Mahasiswa terhadap Modul Eksperimen

Untuk mengetahui keterpakaian dan kualitas modul eksperimen bagi mahasiswa, maka untuk kelas yang melaksanakan pembelajaran melalui eksperimen diberikan angket.

Tabel 7. Hasil angket tanggapan mahasiswa terhadap modul eksperimen

No	Indikator kualitas modul Eksperimen	Jumlah Pilihan Mahasiswa (%)		
		SS	S	BS
1	Tujuan eksperimen diuraikan dengan jelas	67	33	0
2	Tampilan modul eksperimen sistematis dan berurut dan sesuai dengan Langkah-langkah percobaan	71	29	0
3	Dasar teori pada modul menyajikan uraian singkat dan jelas sesuai dengan materi judul Percobaan	21	67	13
4	Alat-alat percobaan tertulis dalam modul, sehingga memudahkan pelaksanaan percobaan	54	46	0
5	Tugas pendahuluan dalam modul mendukung pemahaman pelaksanaan eksperimen	21	58	21
6	Langkah percobaan dapat dipahami dengan jelas, sehingga memudahkan pelaksanaan eksperimen bagi mahasiswa	33	58	8
7	Tabel yang sedia meudahkan pencatatan data percobaan	61	35	4
8	Pertanyaan pada modul dapat mengeksplorasi pemahaman mahasiswa setelah pelaksanaan eksperimen	46	46	8
9	Materi bahasan karakteristik aliran fluida sangat menarik karena disertai kegiatan eksperimen	29	58	13
10	Kegiatan eksperimen memberikan gambaran yang lebih jelas tentang konsep fisika, jika di sertai dengan kegiatan eksperimen	33	58	8

Keterangan: SS=Sangat Setuju; S=Setuju; BS=Biasa Saja

Modul eksperimen berfungsi sebagai panduan pelaksanaan eksperimen. Modul memandu mahasiswa untuk lebih aktif dan mandiri dalam proses mengamati, mengidentifikasi masalah, menganalisis data, mencari hubungan sebab akibat antara fenomena fisis dengan teori yang berlaku untuk merumuskan kesimpulan. Modul membantu proses pembelajaran berfokus pada mahasiswa (Rasagama et al, 2018).

Melalui 10 butir pertanyaan kuesioner, menjadi masukan untuk revisi yang diperlukan. Berikut akumulasi persentase hasil angket dari

keseluruhan responden. Responden sangat setuju sebanyak 43,3%, responden yang setuju 48,8%, dan yang biasa saja 7,9%. Sebanyak 92,1% responden memberi tanggapan positif (sangat setuju dan setuju) terhadap kualitas modul eksperimen. Hal ini menunjukkan modul eksperimen sebagai produk penelitian memiliki kualitas dengan katagori baik berdasarkan hasil angket. Hasil angket tanggapan mahasiswa terhadap modul eksperimen diperlihatkan pada Tabel 7.

Tabel 7 memperlihatkan hasil tanggapan melalui angket terkait kondisi yang menjadi perhatian diantaranya: (i) bagian modul berupa tampilan modul, tujuan eksperimen, alat-alat, dan struktur tabel, mayoritas responden menjawab sangat setuju, artinya mahasiswa dapat mengetahui dengan jelas tujuan eksperimen, alat-alat yang digunakan, tampilan, dan struktur tabel; (ii) mayoritas responden menjawab setuju bahwa dasar teori, tugas pendahuluan, langkah-langkah percobaan, dapat difahami oleh mahasiswa; (iii) mayoritas responden menjawab biasa saja bahwa dasar teori, tugas pendahuluan, dan pertanyaan, hal ini berarti perlu revisi pada dasar teori, tugas pendahuluan, dan pertanyaan agar lebih luas dan dalam serta informatif dalam mendukung pelaksanaan eksperimen; dan (iv) mayoritas responden memiliki persepsi positif, yaitu pelaksanaan eksperimen dalam bagian perkuliahan teori dan adanya ketertarikan dan peningkatan kognitif mahasiswa dari kegiatan eksperimen terhadap pemecahan persoalan-persoalan fisika.

Hasil analisis data, pembelajaran konsep fisika pengaruh temperatur terhadap karakteristik aliran fluida, menggunakan modul eksperimen yang tepat, diperoleh hasil belajar pemahaman konsep mahasiswa lebih unggul dibandingkan dengan pembelajaran tanpa kegiatan eksperimen.

Kesimpulan

Pengembangan modul pembelajaran pokok bahasan fluida melalui kegiatan eksperimen konsep pengaruh temperatur terhadap karakteristik aliran fluida bagi mahasiswa rekayasa Politeknik Negeri Bandung memberikan peningkatan pemahaman konsep kelompok mahasiswa yang melakukan kegiatan

eksperimen lebih tinggi dibanding dengan kelompok mahasiswa yang hanya mendapatkan pembelajaran di kelas teori. Hasil uji normalitas dari kelas eksperimen dan kelas kontrol menyatakan data *pre-test* dan *post-test* berdistribusi normal. Hasil kuesioner menjadi masukan untuk revisi yang diperlukan dan hasil angket dari keseluruhan responden, sebanyak 92,1% responden memberi tanggapan positif (sangat setuju dan setuju) terhadap kualitas modul eksperimen dan 7,9% responden dengan tanggapan biasa saja. Berdasarkan rerata N-Gain kelas eksperimen memiliki nilai N-Gain lebih besar daripada kelas kontrol, dan berdasarkan hasil uji-t, pemahaman konsep mahasiswa kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki perbedaan yang signifikan setelah diberikan perlakuan, sehingga kelas yang mendapatkan pembelajaran eksperimen lebih memiliki pemahaman konsep yang lebih tinggi.

Secara keseluruhan dengan metoda eksperimen dapat meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa dalam pembelajaran konsep pengaruh temperatur terhadap karakteristik aliran fluida.

Penghargaan

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada UPPM Politeknik Negeri Bandung atas fasilitas pendanaan penelitian ini, sehingga kegiatan penelitian dapat dilaksanakan dan berjalan dengan lancar.

Daftar Pustaka

- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., & Wittrock, M. C. (2001). *A Taxonomy for learning, teaching, and assessing: A Revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Damayanti, Y., Lesmono, A. D., & Prihandono, T. (2018). Kajian pengaruh suhu terhadap viskositas minyak goreng sebagai rancangan bahan ajar petunjuk eksperimen fisika. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(3), 307-314.
- Darmaji, D., Kurniawan, D. A., Parasdila, H., & Irdianti, I. (2018). Deskripsi keterampilan proses sains mahasiswa pada materi termodinamika. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(3), 345-353.
- Husen, A., Akbar, T. M., & Cholls, N. (2020). Analisis pengaruh kecepatan aliran fluida dingin terhadap efektivitas shell and tube heat exchanger. *Bina Teknika*, 16(1), 1-10.
- Ike, E. (2019). The study of viscosity-temperature dependence and activation energy for palm oil and soybean oil. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*, 25(2), 209-217.
- Kayana, I. M., Nugraha, I. N., & Dantes, K. R. (2018). Analisis pengaruh laju aliran fluida air pada saluran pipa air handling unit (AHU) terhadap capaian suhu optimum mesin pendingin mini water chiler. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 6(3), 129-134.
- Lumbantoruan, P., & Erislah, E. (2016). Pengaruh suhu terhadap viskositas minyak pelumas (oli). *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 13(2).
- Mudlofir, H. A. (2021). *Desain pembelajaran inovatif: dari teori ke praktik*. Depok: Rajawali Pers.
- Pertiwi, N., Yolida, B., & Sikumbang, D. (2020). Hubungan pelaksanaan eksperimen dengan hasil belajar dan keterampilan proses sains. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 8(1), 27-35.
- Pratiwi, U., Akhdinirwanto, R. W., Fatmaryanti, S. D., & Ashari, A. (2020). Penerapan Metode Eksperimen Materi Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) pada Kegiatan Praktikum Fisika Dasar untuk Meningkatkan Sikap Ilmiah Siswa MA Al-Iman Bulus Purworejo. *Surya Abdimas*, 4(1), 1-7.
- Rasagama, I. G., Handinigrun, K., & Muldinani, R. F. (2018). Pengembangan model eksperimen "persamaan bernoulli" untuk pembelajaran konsep fluida dinamis mahasiswa Politeknik Negeri Bandung. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, (pp.790-801). Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Rasagama, I. G., Muldinani, R. F., & Handinigrun, K. (2016). Keterpakaian konsep hukum bernoulli dan desain eksperimennya di dalam fisika terapan Prodi Rekayasa Polban. *Seminar Nasional Fisika*, (pp. 29-34). Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.

- Sitopu, S. J., & Probawati, S. (2017). Guided inquiry helped by mind map and curiosity to students' concept understanding ability (CUA). *Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(2), 67-69.
- Subhan, M., & Rahmawati, E. (2019). Penerapan pembelajaran fisika dengan kegiatan laboratorium desain pada konsep kalor untuk meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains mahasiswa STKIP Bima. *GRAVITY EDU: Jurnal Pembelajaran dan Pengajaran Fisika*, 2(1), 1-4.
- Suseno, N. (2012). Peran eksperimen dalam mengembangkan kemampuan dan karakter mahasiswa calon guru fisika pada mata kuliah keahlian program studi (Studi kasus pada perkuliahan elektronika dan listrik magnet). *Seminar Nasional Pendidikan ke-1* (pp. 132-139). Metro: Universitas Muhammadiyah Metro.
- Suseno, N., Riswanto, R., Aththibby, A. R., Alarifin, D. H., & Salim, M. B. (2021). Model pembelajaran perpaduan sistem daring dan praktikum untuk meningkatkan kemampuan kognitif dan psikomotor. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(1), 42-56.
- Susilo, E. J., Dharmasari, U. S., & Irawan, D. (2021). Pengaruh viskositas bahan bakar terhadap karakteristik aliran fluida pada pompa sentrifugal. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 2(1), 27-32.
- Wijaya, J. E., & Vidiyanti, A. (2019). Pengembangan bahan ajar modul elektronik interaktif pada mata kuliah inovasi pendidikan Program Studi Teknologi Pendidikan Universitas Baturaja. *Jurnal Pendidikan Glasser*, 3(2), 142-147.
- Zakwandi, R., Yuningsih, E. K., & Setya, W. (2020). Implementasi pembelajaran berbasis praktikum pada konsep taraf intensitas bunyi untuk meningkatkan penguasaan konsep Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 11(1), 75-82.