



Pengaruh Penerapan Diagram pada Pembelajaran STEM Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa

M Rahmadiyah*, H Wisodo, Parno

Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No.5 Sumbersari Kec. Lowokwaru, Kota Malang, 65145, Indonesia

*E-mail: miftarahmadiyah2@gmail.com

Received
30 December 2020

Revised
02 March 2021

Accepted for Publication
12 April 2021

Published
30 June 2021



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Abstract

This study aims to determine the effect of applying diagrams in STEM learning to students' problem-solving abilities on the topic of temperature and heat. The research method used is mixed methods. The quantitative research adopted a quasi-experimental design using convenience sampling with a posttest-only design type and the qualitative research interviews used purposive sampling technique. The research subjects were students of a high school in Malang city class XI in the odd semester of the 2019/2020 school year. Before the research was conducted, students' abilities between classes were tested using Mann-Whitney. After the two classes were given different interventions, the effect was measured using the effect size. The students' problem-solving abilities between the experimental and control classes showed different results. In the experimental class, the effect of problem-solving ability is classified as a medium effect. The process of building solutions in solving physics problems becomes the role of diagrams in training students' problem-solving abilities. Discovery learning as a learning method applied to the experimental class helps teachers to apply STEM that focuses on problem-solving.

Keywords: Application of Diagrams, STEM Learning, Problem Solving Ability, Temperature and Heat.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan diagram dalam pembelajaran STEM terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa pada topik materi suhu dan kalor. Metode penelitian yang digunakan adalah *mixed methods*. Penelitian kuantitatif menggunakan *quasi-experimental design* yang dipilih dengan *purposive sampling* dengan tipe *posttest-only design* dan penelitian kualitatif berupa wawancara menggunakan teknik *purposive sampling*. Subjek penelitian adalah siswa-siswi salah satu SMA di kota Malang kelas XI semester ganjil tahun ajaran 2019/2020. Sebelum penelitian dilakukan, kemampuan siswa antar kelas diuji menggunakan *Mann-Whitney*. Setelah kedua kelas diberikan intervensi berbeda, pengaruhnya diukur menggunakan *effect size*. Kemampuan pemecahan masalah siswa antar kelas eksperimen dan kontrol menunjukkan hasil berbeda. Pada kelas eksperimen, pengaruh kemampuan pemecahan masalah tergolong *medium effect*. Proses pembangunan solusi dalam pemecahan masalah fisika menjadi peran diagram dalam melatih kemampuan pemecahan masalah siswa. *Discovery learning* sebagai metode pembelajaran yang diterapkan pada kelas eksperimen membantu guru untuk menerapkan STEM yang berfokus pada penyelesaian masalah.

Kata Kunci: Penerapan Diagram, Pembelajaran STEM, Kemampuan Pemecahan Masalah, Suhu dan Kalor

1. Pendahuluan

Suhu dan kalor memiliki peranan pokok dalam berbagai lini kehidupan. Konsep utama dari termodinamika tersebut tak terbatas penerapannya dalam kehidupan sains dan teknik sehari-hari [1]. Kendati demikian, mempelajari suhu dan kalor tidak mudah karena representasinya bersifat abstrak. Tidak hanya sulit dipelajari, namun suhu dan kalor juga sulit diajarkan.

Guna mengatasi hal itu, visualisasi konten abstrak membutuhkan sebuah analogi [2], [3]; [4]. Salah satu analogi yang mempunyai keunggulan diantara analogi lainnya adalah diagram, karena dalam satu gambar dapat mewakili banyak komponen. Penerapan diagram untuk dintegrasikan ke dalam pembelajaran STEM diduga dapat meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan pemecahan masalah siswa. Representasi diagram telah terbukti lebih unggul daripada menggunakan representasi verbal atau matematika secara eksklusif ketika siswa memecahkan masalah [5], [6].

Representasi visual apa pun yang tidak murni tekstual atau murni gambar yang dapat dianalisis kontennya, didefinisikan sebagai diagram [7]. Diagram ilmiah *explanatory* menjadi cara pengajaran yang efektif karena siswa dapat membangun representasi mental yang bermakna dan sesuai dari sistem ilmiah yang digambarkan oleh diagram [8]. Model *explanatory* bukan merupakan model yang disajikan dari fenomena yang dapat diamati berupa visualisasi mekanisme ikatan-ikatan pegas yang terlihat seperti atom-atom pada proses pemuatan dan visualisasi perbedaan antara kapasitas kalor suatu benda.

Penerapan diagram diharapkan membantu dalam proses pemecahan masalah siswa. Proses pembangunan solusi dalam pemecahan masalah fisika membutuhkan diagram yang juga berfungsi untuk mengubah masalah menjadi representasi yang lebih mudah dieksploitasi untuk bisa memecahkan masalah [4]. Hal ini dikemukakan oleh Maries dan Singh [4] bahwa menggambar diagram dapat memfasilitasi pemecahan masalah.

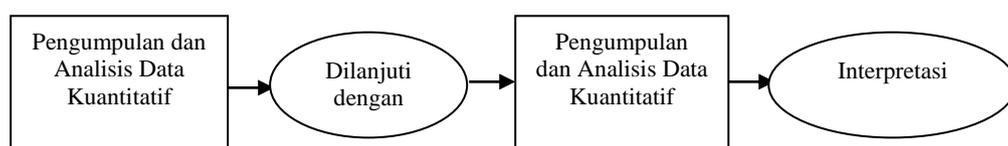
Kendati demikian, strategi pengajaran fisika tidak hanya membutuhkan sebuah analogi yang tepat. Dalam praktiknya, pembelajaran sebaiknya menerapkan pendekatan pembelajaran yang efektif, salah satunya adalah STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics education*). Pendekatan STEM dengan integrasi empat bidang lintas ilmu yang dikemas dalam pembelajaran yang utuh dapat mengembangkan pengetahuan dan keterampilan siswa secara komprehensif [9]–[11].

STEM dalam beberapa dekade ini berkembang sangat pesat. Salah satu pengembangan STEM saat ini adalah pendekatan pengajaran pendidikan STEM berlandaskan konteks [12]. Pendekatan pengajaran terdiri dari 7 tahap. Ini termasuk (1) Identifikasi masalah sosial, (2) Identifikasi solusi potensial, (3) Kebutuhan akan pengetahuan, (4) Pengambilan keputusan, (5) Pengembangan prototipe atau produk, (6) Uji dan evaluasi Solusi, dan (7) Tahap sosialisasi dan penyelesaian keputusan. Makalah ini membahas lebih detail dari setiap tahap [12]. Dalam penerapannya, metode yang digunakan menggunakan *discovery learning*. *Discovery learning* dipilih karena mendukung pengembangan konsep siswa berdasarkan pengalaman langsung.

Berdasarkan uraian diatas, diagram sangat membantu dalam pembelajaran. Pendekatan STEM juga digunakan untuk menginterasikan beberapa disiplin ilmu agar memahami aplikasi materi lebih baik. Oleh karenanya, penelitian ini menjadi penting karena akan memberi informasi bagaimana guru dapat mengambil tindakan yang tepat sesuai dengan kesulitan yang dialami siswanya. Tujuan lain dari upaya ini adalah untuk merancang kegiatan yang mendorong perubahan konseptual pada siswa yang sebelumnya gagal dengan pengajaran tradisional [13].

2. Metode Penelitian

Untuk menjawab pertanyaan penelitian, peneliti memilih pendekatan *mixed method* dengan *explanatory design* yang dikembangkan oleh Creswell dan Clark [14]. Desain penelitian dipaparkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Penelitian *Mixed Method* dengan *Explanatory Design*

Desain yang digunakan dalam penelitian kuantitatif adalah *quasi-experimental design* tipe *static-group comparison design*. Subjek dalam penelitian ini terdiri dari satu kelas kontrol dan satu kelas eksperimen. Pada kelas kontrol dilaksanakan pembelajaran konvensional, sedangkan pada kelas eksperimen dilaksanakan penerapan diagram pada pembelajaran STEM. Data kuantitatif digunakan untuk mengetahui apakah kemampuan pemecahan masalah kelas eksperimen lebih baik jika dibandingkan dengan kelas kontrol. Data kualitatif digunakan untuk memperoleh deskripsi serta analisis mendalam tentang bagaimana diagram dalam pembelajaran STEM memengaruhi kemampuan pemecahan masalah siswa.

Soal tes kemampuan pemecahan masalah yang digunakan berjumlah lima soal. Soal-soal tersebut merupakan soal essay. Perolehan validitas dan reliabilitas soal tersebut diperoleh dari uji soal yang dilakukan pada 38 siswa yang telah mempelajari materi suhu dan kalor sebelumnya namun pada sekolah yang berbeda. Dari 5 soal yang diujikan, semuanya dinyatakan valid dan reliabel. Indikator soal kemampuan pemecahan masalah tersebut ditunjukkan Tabel 1. Sedangkan kriteria penilaian kemampuan pemecahan masalah mengacu pada Tabel 2.

Tabel 1. Indikator Soal Kemampuan Pemecahan Masalah

No	Indikator	Nomor Soal
1	Menemukan penyelesaian masalah dari kasus pemuain	1,2
2	Menentukan jumlah kalor yang dibutuhkan dalam proses fenomena perubahan wujud zat	3
3	Menemukan penyelesaian masalah dengan menggunakan konsep kapasitas kalor	4
4	Menemukan penyelesaian masalah dengan menggunakan konsep kalor jenis	5

Tabel 2. Kriteria Penilaian Soal Kemampuan Pemecahan Masalah

Indikator	Kriteria	Skor
<i>Usefull Description</i>	Tidak mendeskripsikan masalah	0
	Deskripsi yang dibuat salah	1
	Sebagian deskripsi yang dibuat mengandung kesalahan	2
	Deskripsi yang dibuat berguna, namun terdapat sedikit kekurangan	3
	Deskripsi yang dibuat berguna, tepat dan lengkap	4
<i>Physics Approach</i>	Tidak menggunakan prinsip fisika apapun dalam menyelesaikan masalah	0
	Prinsip fisika yang dipilih salah	1
	Sebagian prinsip fisika yang dibuat tidak tepat	2
	Prinsip fisika yang dibuat terdapat kekurangan	3
	Prinsip fisika yang di buat tepat dan lengkap.	4
<i>Specific Application of Physics</i>	Tidak menerapkan prinsip fisika apapun saat menyelesaikan masalah	0
	Penerapan prinsip fisikatidak tepat untuk menyelesaikan masalah	1
	Sebagian prinsip fisika yang diterapkan tidak tepat	2
	Prinsip fisika yang diterapkan terdapat kekurangan	3
	Menerapkan prinsip fisika yang tepat dan lengkap	4
<i>Mathematical Procedure</i>	Tidak terdapat prosedur matematika yang digunakan.	0
	Semua prosedur matematika yang digunakan mengandung kesalahan.	1
	Sebagian prosedur matematika yang digunakan mengandung kesalahan	2

	Prosedur matematika yang digunakan mengandung sedikit kesalahan	3
	Prosedur matematika yang dibuat tepat dan lengkap.	4
	Tidak membuat solusi permasalahan.	0
Logical Progression	Semua dari solusi masalah yang dibuat tidak tepat	1
	Sebagian dari solusi masalah yang dibuat tidak tepat.	2
	Solusi masalah yang dibuat terdapat kekurangan	3
	Keseluruhan solusi masalah yang dibuat tepat dan lengkap.	4

Subjek penelitian ini terdiri dari subjek penelitian kuantitatif dan subjek penelitian kualitatif. Subjek penelitian kuantitatif dalam penelitian ini adalah siswa-siswi salah satu SMA Negeri Kota Malang kelas XI semester ganjil tahun ajaran 2019/2020 pada materi suhu dan kalor. Kelas XI IPA 2 (A) sebagai kelas eksperimen yang diajar dengan penerapan diagram pada pembelajaran STEM dan kelas XI IPA 1(B) sebagai kelas kontrol yang diajar secara konvensional. Setiap kelas terdiri dari 34 orang siswa. Namun setelah menyaring nilai *out of layer* pada tiap kelas, kelas eksperimen menjadi 32 orang. Penentuan subjek penelitian menggunakan *purposive sampling*, yaitu penentuan subjek dengan pertimbangan dan tujuan tertentu. Tujuan peneliti menggunakan teknik *purposive sampling* yakni untuk efektivitas dan efisiensi waktu pelaksanaan penelitian serta memperoleh subjek penelitian yang representatif. Subjek penelitian kualitatif terdiri atas 6 siswa yang dilibatkan dalam proses wawancara. Masing-masing kelas eksperimen maupun kontrol diwakili oleh 3 siswa. Itu dilakukan untuk memperoleh data kemampuan pemecahan masalah berdasarkan perwakilan siswa dengan nilai rendah, sedang, dan tinggi.

Tahapan untuk menjawab rumusan masalah tersebut adalah sebagai berikut. Pertama, menentukan apakah ada perbedaan kemampuan pemecahan masalah siswa antar kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kedua, jika terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah antara siswa kelas eksperimen dan kontrol, maka langkah selanjutnya adalah menentukan seberapa kuat pengaruh penerapan diagram dalam pembelajaran STEM terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa. Ketiga, menjawab pertanyaan rumusan masalah yang telah dirumuskan.

Perbedaan kemampuan pemecahan masalah siswa antar kelas disimpulkan berdasarkan uji beda *Mann-Whitney*. Uji non-parametrik tersebut dipilih karena data *post-test* yang diperoleh merupakan data normal namun tidak homogen. Adanya pengaruh dari intervensi yang diberikan dilihat berdasarkan *effect size*. Analisis dengan *effect size* akan mengukur perbedaan antara dua kelompok. Misalnya, jika satu kelompok telah menerima 'perlakuan eksperimental' dan yang lain tidak, maka *effect size* adalah sebuah pengukuran dari efektivitas *treatment* yang dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Perbedaan kemampuan pemecahan masalah siswa antar kelas disimpulkan berdasarkan uji beda *Mann-Whitney*. Uji non-parametrik tersebut dipilih karena data *post-test* yang diperoleh merupakan data normal namun tidak homogen. Hasil uji statistiknya disajikan Tabel 3.

Tabel 3. Uji Statistik Nilai Kemampuan Pemecahan Masalah

	Kemampuan Pemecahan Masalah
Mann-Whitney U	352,500
Z	-2,459
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,014

Dengan membandingkan nilai median kedua kelas, diperoleh hasil bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa kelas eksperimen berbeda secara signifikan dengan kelas kontrol. Hal itu dibuktikan dengan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* yang diperoleh yaitu 0,014 (Sig <0,05). Jika tingkat signifikansi statistik dari setiap perbedaan yang ditemukan antara kedua kelas lebih kecil dari 0,05, maka kemampuan pemecahan masalah siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol secara statistik berbeda signifikan [15]. Data nilai siswa dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Nilai Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Uraian Data	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
N	34	32
Mdn	37,20	31,20
Min	6,40	4,00
Max	59,20	62,40

Keterangan: Skor ideal adalah 100

Tabel 2 menunjukkan median nilai kemampuan pemecahan siswa kelas eksperimen (Mdn = 37,20) lebih tinggi dari median nilai siswa kelas kontrol (Mdn = 31,20). Nilai tertinggi yang diperoleh masing-masing kelas eksperimen dan kelas kontrol yaitu 59,20 dan 62,40. Nilai terendah pada kelas kontrol jatuh pada angka 4,00 sedangkan kelas eksperimen hanya 6,40.

Seberapa kuat pengaruh penerapan diagram dalam pembelajaran STEM terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa diukur menggunakan *effect size*. *Effect size* didefinisikan sebagai kekuatan hubungan antara variabel independen dan variabel dependen, dirumuskan oleh Morgan dkk

$$r = \frac{z}{\sqrt{N}} \quad [16] \quad (1)$$

dengan r: *effect size*; z: *z value*; N: jumlah siswa. Hasil analisis kami seperti berikut

$$r = (-2,459)/\sqrt{66} = -0,303$$

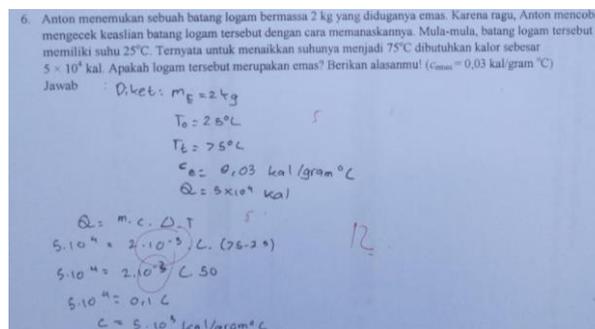
Berdasarkan rumus tersebut diperoleh $r = -0,303$. Nilai ini menunjukkan bahwa pengaruh penerapan diagram dalam pembelajaran STEM dikategorikan sebagai *medium effect*. Nilai *effect size* dalam rentang $[0,2]$ hingga $[0,4]$ termasuk dalam kategori *large effect* [16].

Intervensi berupa penerapan diagram dalam pembelajaran STEM materi suhu dan kalor memberikan pengaruh yang tidak begitu kuat. Hasil tersebut akan dijabarkan pada bagian pembahasan dengan beberapa soal yang dianggap sulit oleh siswa. Hal tersebut berguna untuk mengetahui bagaimana kekurangan intervensi sehingga pengaruhnya tidak begitu kuat.

3.2 Kelas Eksperimen

Pada kelas eksperimen, hasil menunjukkan pengaruh intervensi tergolong *medium effect*. Hal itu dikarenakan masih terdapat beberapa kendala saat proses belajar mengajar. Adapun salah satu pengaruh dalam kemampuan pemecahan masalah siswa adalah siswa merasakan manfaat diagram untuk menjawab soal karena diagram berfungsi sebagai acuan jawaban yang membuat siswa lebih paham. Contohnya seperti yang dijelaskan oleh AR.

AR adalah perwakilan kelas eksperimen yang memiliki nilai kemampuan pemecahan masalah yang baik. Namun ada beberapa hal yang masih belum maksimal saat mengerjakan soal. Salah satu contohnya adalah soal berikut.

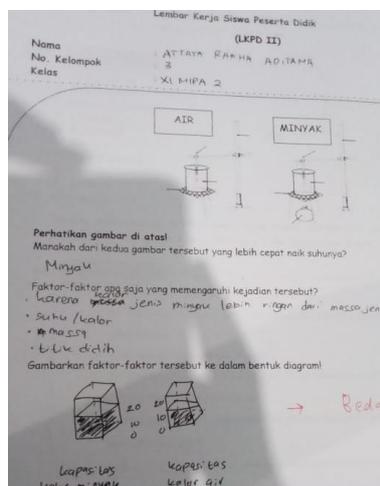


Gambar 2. Soal kemampuan pemecahan masalah yang dikerjakan AR

AR mengaku salah pada konversi massa yang ia gunakan saat mengubah kg menjadi gram. AR juga tidak menyadari bahwa tahap penyelesaian masalah yang ia kerjakan masih belum sempurna. AR tidak menuliskan kesimpulan dari apa yang ia tulis, padahal tahap tersebut menjadi penting untuk

menjawab permasalahan. Saat diwawancarai, AR menyatakan bahwa maksud jawabannya adalah menyatakan benda itu bukan emas berdasarkan hasil perhitungan akhirnya.

Soal mengenai pengaruh kalor terhadap suatu zat tersebut masih sebagian dipecahkan oleh AR. Pemahamannya terkait hal itu ditanyakan kembali berdasarkan pengalamannya AR menjelaskan mengenai LKPD 2 yang ia kerjakan.



Gambar 3. LKPD 2 yang dikerjakan AR

AR menjelaskan bahwa yang ia pahami dari percobaan itu adalah pengaruh kalor terhadap perubahan suhu yakni semakin meningkat suhu bila kalor semakin tinggi. Pada saat mengerjakan LKPD tersebut, kelompok AR bersepakat untuk membagi tugas praktikum. Ada yang melakukan praktikum dan ada yang mengerjakan laporan. AR memperoleh bagian tugas praktikum. Setelah mengerjakan tugas masing-masing, semua anggota berdiskusi. Saran AR terkait pengalamannya sebagai berikut.

“Walaupun kita kelas yang praktikum terlebih dahulu lalu belajar materi, sebaiknya lebih diterangkan atau diberi tahu supaya tidak ada kesalahan dalam praktikum.”

Jadi, menurut AR, arahan sebelum melakukan praktikum harus lebih ditegaskan kembali. Namun dibalik itu semua, AR merasakan manfaat diagram yang ia dalam menjawab soal, diagram berfungsi sebagai acuan jawaban yang membuatnya lebih paham.

3.3 Kelas Kontrol

Pada kelas kontrol, meski siswa memahami maksud soal, namun dalam penyelesaiannya masih terdapat kekeliruan pada tahap *mathematical procedure*. Hal itu seperti yang disampaikan oleh KS, perwakilan siswa kelas kontrol. KS terlalu fokus dengan anggapannya untuk membandingkan antara nilai Q yang tertera pada soal dan nilai Q yang didapat dengan menggunakan rumus tanpa memaknai makna tanda sama dengan yang ia tuliskan

“Saya tidak tahu benar apa salah penulisannya, saya menulis seperti itu karena saya membandingkan apa logam tersebut emas apa bukan, jika emas seharusnya hasilnya sama, karena berbeda maknanya saya kasih tidak sama dengan. Atasnya masih sama dengan karena saya belum nemu itungannya. Kalo yang bawah ada tidak sama dengan, karena saya sudah hitung dan hasilnya berbeda.”

Pada saat pembelajaran, kegiatan yang melatih *mathematical procedure* diterapkan melalui soal-soal latihan yang ada di UKBM. KS yang selalu hadir dalam pembelajaran itu mengaku bahwa latihan soal UKBM sangat membantu dalam memahami pelajaran namun soal nomor 6 ini memang

belum pernah ia temui sebelumnya saat pembelajaran. Kendati pada mulanya ia menganggap soal itu paling mudah, KS juga mesti memahami kembali makna persamaan yang ia tuliskan agar sesuai dengan *usefull description*, *physics approach* dan *specific application of physic* yang ia maksud. KS merupakan perwakilan siswa kelas kontrol dengan nilai kategori tinggi pada post-test problem solving. Berikut adalah jawaban KS terkait soal tentang pengaruh kalor terhadap benda.

Dik: $m = 20\text{g}$
 $T_1 = 25^\circ\text{C}$
 $T_2 = 75^\circ\text{C}$
 $Q = 5 \times 10^4 \text{ cal}$
 $C_{\text{emas}} = 0.02 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

Tanya: Apakah logam tersebut menyerap panas?

Jawab: $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$
 $5 \times 10^4 \text{ cal} = 2000\text{g} \cdot 0.02 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot \Delta t$
 $5 \times 10^4 \text{ cal} = 3000 \text{ cal}$
 $5 \times 10^4 \text{ cal} = 3 \times 10^3 \text{ cal}$

logam 20g bukan emas, karena jika emas
kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan
emas di 25°C ke 75°C adalah $3 \times 10^3 \text{ cal}$
dan di soal, kalor yang digunakan
untuk menaikkan logam yang dididid
emas adalah $5 \times 10^4 \text{ cal}$.
Jadi jika dipukulnya logam tersebut
bukan emas.

Gambar 4. Jawaban KS

Berdasarkan jawaban tersebut, terlihat bahwa *usefull description*nya sudah sesuai dengan soal dan *physic approach*nya pun juga sudah benar. Di sisi lain, *specific application of physics* yang dipilih oleh KS berbeda dari yang biasa digunakan oleh siswa lain. Siswa lain cenderung menggunakan kalor jenis benda sebagai acuan penyelesaian masalah, sedangkan KS memilih untuk menggunakan kalor yang diserap benda (Q) sebagai acuan penyelesaian masalah. Ia menghitung Q yang diserap berdasarkan kalor jenis emas yang terdapat pada soal, lalu hasilnya dibandingkan dengan Q pada pernyataan soal.

Meskipun KS sudah memahami maksud soal tersebut, pernyataan KS tidak dinyatakan dengan tepat pada tahap *mathematical procedure*. Kesalahannya terletak pada pensubstitusian nilai Q ke persamaan *specific application of physics* yang ia pilih sehingga tidak sesuai dengan makna perbandingan yang ia maksudkan. Setelah diusut, ternyata ia tidak menyadari bahwa hal tersebut merupakan suatu kesalahan yang fatal. Bagi KS, *mathematical procedure* yang ia tulis itu sudah mewakili intuisinya.

Awalnya, KS diminta untuk memaknai kembali tanda sama dengan pada persamaan. Setelah itu, ia diminta menjelaskan pertidaksamaan yang muncul dibawah persamaan yang ia tulis sebelumnya. Kesimpulannya, KS menggabungkan solusi jawaban dengan *mathematical procedure* yang masih keliru.

“Atasnya sama dengan, bawahnya tidak sama dengan, yang atas saya belum hitung sampe selesai, yang bawah udah dihitung dan tidak sama dengan hasilnya. Terus kalo sesuai apa tidak dengan gambaran membandingkan saya ndak tau bu, saya soalnya pakai seperti itu supaya lebih mudah saja dan lebih cepat.”

3.4 Pembahasan

Setelah menerapkan intervensi berupa penerapan diagram dalam pembelajaran STEM materi suhu dan kalor, ditemukan bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa yang belajar dengan intervensi berbeda dengan siswa yang tidak diberikan intervensi tersebut. Perbedaan signifikan antara kemampuan pemecahan masalah siswa kelas eksperimen dengan siswa kelas kontrol telah dibuktikan secara statistik. Hal ini diperkuat dengan median nilai kemampuan pemecahan masalah kelas eksperimen yang lebih tinggi. Berdasarkan hasil penelitian, pengaruh penerapan diagram dalam pembelajaran STEM materi suhu dan kalor terhadap kemampuan pemecahan masalah masuk dalam kategori *medium effect*.

Penggunaan diagram dalam pembelajaran memberikan pengaruh positif terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa. Proses pembangunan solusi dalam pemecahan masalah fisika

membutuhkan diagram yang juga berfungsi untuk mengubah masalah menjadi representasi yang lebih mudah dieksploitasi untuk bisa memecahkan masalah [4].

Pendekatan yang sesuai dengan pembelajaran yang mendukung kegiatan ini adalah STEM. Pembelajaran dengan mengintegrasikan STEM kemampuan pemecahan masalah siswa meningkat daripada pembelajaran tanpa menggunakan STEM. Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Cooper dan Heaverlo [17] yang menunjukkan terdapat indikator positif terhadap minat dalam pemecahan masalah dengan menerapkan STEM.

Pada kelas kontrol, siswa belajar dengan metode tradisional. Hal ini sepertinya kurang melatih kemampuan pemecahan masalah siswa. Dalam pembelajaran, siswa pasif dalam mengkonstruksi pengetahuan. Meskipun demikian, siswa dihadapkan dengan persoalan sehari-hari, namun siswa tidak diberikan kebebasan untuk memikirkan berbagai solusi dan menguji solusi tersebut.

Berdasarkan hasil *posttest* terdapat banyak kesalahan yang dilakukan siswa. hal ini disampaikan oleh beberapa siswa kelas kontrol. Mereka mengaku hanya fokus pada yang diketahui dan hitungan matematisnya. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa tidak memecahkan masalah dengan melihat konsep yang mendasari masalah tetapi cenderung menerapkan persamaan matematis yang mengandung variabel-variabel fisis di dalam masalah [18].

Kecenderungan ini didukung oleh hasil penelitian Singh [19] yang menemukan bahwa ketika memecahkan masalah konseptual, siswa tetap menyelesaikannya dengan menggunakan persamaan matematis. Akibat kurangnya pemahaman konsep ini, siswa tidak dapat menerapkan persamaan matematis secara tepat dalam memecahkan masalah, baik masalah yang disajikan dalam bentuk gambar [20] maupun masalah yang disajikan dalam bentuk grafik [21].

Persoalan yang banyak mengalami kesalahan yaitu pada permasalahan untuk menjawab sesuai dengan langkah-langkah pemecahan masalah. Selain itu, pada tahap *mathematical procedure* juga terdapat kekurangan. Misalkan dari segi pemecahan, siswa merasa kesulitan di bagian perhitungan dengan desimal yang terlalu banyak.

Kelebihan dari pemberian *discovery* integrasi STEM ini membelajarkan siswa dengan pengalaman, bukan hanya sekedar teori. Kekurangannya adalah manajemen waktu yang harus diperhatikan kebalikan. Adapun pengajaran tradisional masih menyebabkan siswa mempelajari ulang materi yang sudah diajarkan. Hal itu disebabkan siswa cenderung menghafal daripada memahami. Oleh karenanya, cara ini kurang efektif untuk diterapkan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Pengaruh penerapan diagram dalam pembelajaran STEM materi suhu dan kalor terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa. Peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa tergolong pada *medium effect*. Secara statistik, terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan pemecahan masalah siswa kelas eksperimen dengan kemampuan pemecahan masalah siswa kelas kontrol. Proses pembangunan solusi dalam pemecahan masalah fisika menjadi peran diagram dalam melatih kemampuan pemecahan masalah siswa. *Discovery learning* dengan mengintegrasikan STEM untuk meningkatkan pemecahan masalah disebabkan STEM berfokus pada penyelesaian masalah. Pada kelas kontrol, metode tradisional yang diterapkan sepertinya kurang melatih kemampuan pemecahan masalah siswa karena masih pasif dalam mengkonstruksi pengetahuan.

4.1 Saran

Meskipun diagram membantu siswa memecahkan permasalahan suhu dan kalor, tetapi sebagian siswa masih mengalami kesulitan dalam menggambar diagram. Ditambah lagi STEM sendiri merupakan suatu tantangan bagi pelajar dan pengajar sehingga dibutuhkan inovasi dalam proyek yang lebih kreatif dengan topik suhu dan kalor ini.

Daftar Rujukan

- [1] D. Halliday, R. Robert, and W. Jearl, *Fisika Dasar*, Ketujuh. Jakarta: Erlangga, 2010.

- [2] S. Ainsworth, "DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations," *Learn. Instr.*, vol. 16, no. 3, pp. 183–198, Jun. 2006, doi: 10.1016/j.learninstruc.2006.03.001.
- [3] S. Ainsworth, "The Educational Value of Multiple-representations when Learning Complex Scientific Concepts," in *Visualization: Theory and Practice in Science Education*, J. K. Gilbert, M. Reiner, and M. Nakhleh, Eds. Dordrecht: Springer Netherlands, 2008, pp. 191–208. doi: 10.1007/978-1-4020-5267-5_9.
- [4] A. Maries and C. Singh, "Do Students Benefit from Drawing Productive Diagrams Themselves while Solving Introductory Physics Problems? The Case of Two Electrostatics Problems," *Eur. J. Phys.*, vol. 39, no. 1, Dec. 2017, doi: 10.1088/1361-6404/aa9038.
- [5] A. Maries and C. Singh, "A good diagram is valuable despite the choice of a mathematical approach to problem solving," in *2013 Physics Education Research Conference Proceedings*, Portland, OR, Feb. 2014, pp. 31–34. doi: 10.1119/perc.2013.inv.006.
- [6] J. Li and C. Singh, "Investigating and improving introductory physics students' understanding of the electric field and superposition principle," *Eur. J. Phys.*, vol. 38, no. 5, p. 055702, Sep. 2017, doi: 10.1088/1361-6404/aa7618.
- [7] A. Blackwell and Y. Engelhardt, "A Meta-Taxonomy for Diagram Research," in *Diagrammatic Representation and Reasoning*, M. Anderson, B. Meyer, and P. Olivier, Eds. London: Springer London, 2002, pp. 47–64. doi: 10.1007/978-1-4471-0109-3_3.
- [8] R. K. Lowe, "Constructing a mental representation from an abstract technical diagram," *Learn. Instr.*, vol. 3, no. 3, pp. 157–179, Jan. 1993, doi: 10.1016/0959-4752(93)90002-H.
- [9] L. D. English, "STEM education K-12: perspectives on integration," *Int. J. STEM Educ.*, vol. 3, no. 1, Dec. 2016, doi: 10.1186/s40594-016-0036-1.
- [10] T. R. Kelley and J. G. Knowles, "A conceptual framework for integrated STEM education," *Int. J. STEM Educ.*, vol. 3, no. 1, Dec. 2016, doi: 10.1186/s40594-016-0046-z.
- [11] R. Khatri, C. Henderson, R. Cole, J. E. Froyd, D. Friedrichsen, and C. Stanford, "Characteristics of well-propagated teaching innovations in undergraduate STEM," *Int. J. STEM Educ.*, vol. 4, no. 1, Dec. 2017, doi: 10.1186/s40594-017-0056-5.
- [12] S. Sutaphan and C. Yuenyong, "STEM Education Teaching approach: Inquiry from the Context Based," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1340, p. 012003, Oct. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1340/1/012003.
- [13] N. Finkelstein, "Learning Physics in Context: A study of student learning about electricity and magnetism," *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 27, no. 10, pp. 1187–1209, Jan. 2005, doi: 10.1080/09500690500069491.
- [14] J. W. Creswell, *Educational research: planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*, 4th ed. Boston: Pearson, 2012.
- [15] L. Cohen, L. Manion, and K. Morrison, *Research methods in education*, 6th ed. London ; New York: Routledge, 2007.
- [16] G. A. Morgan, N. L. Leech, G. W. Gloeckner, and K. C. Barrett, *IBM SPSS for Introductory Statistics: Use and Interpretation, Fourth Edition*. Hoboken: Taylor and Francis, 2011. Accessed: Mar. 16, 2020. [Online]. Available: <http://grail.ebilib.com.au/patron/FullRecord.aspx?p=668450>
- [17] R. Cooper and C. Heavenlo, "Problem Solving And Creativity And Design: What Influence Do They Have On Girls' Interest In STEM Subject Areas?," *Am. J. Eng. Educ. AJEE*, vol. 4, no. 1, pp. 27–38, May 2013, doi: 10.19030/ajee.v4i1.7856.
- [18] B. Ibrahim and N. S. Rebello, "Representational task formats and problem solving strategies in kinematics and work," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 8, no. 1, Jun. 2012, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.8.010126.
- [19] C. Singh, "Assessing student expertise in introductory physics with isomorphic problems. II. Effect of some potential factors on problem solving and transfer," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 4, no. 1, Mar. 2008, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.4.010105.
- [20] W. M. Christensen and J. R. Thompson, "Investigating graphical representations of slope and derivative without a physics context," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 8, no. 2, p. 023101, Jul. 2012, doi: 10.1103/PhysRevSTPER.8.023101.

- [21] D.-H. Nguyen and N. S. Rebello, "Students' Difficulties With Multiple Representations in Introductory Mechanics," p. 11.