

## ANALISIS PROBLEM-SOLVING APPROACHES DAN PROOF SCHEMES SISWA DALAM MENYELESAIKAN MASALAH PADA MATERI VEKTOR

### (ANALYSIS OF STUDENTS' PROBLEM-SOLVING APPROACHES AND PROOF SCHEMES IN SOLVING PROBLEMS ABOUT VECTOR)

HANI NURHASANAH\*, YUNI NURAENI

**Abstract.** The study of mathematics emphasizes the formation of thinking skills. With a good understanding and thinking process, learning achievement tends to be good. However, research reveals that students tend to memorize formulas and algorithms for working steps without understanding the meaning of the problem. Whereas currently education in Indonesia prioritizes independent or open thinking processes. Problem-solving approaches and proof schemes are mental actions of mathematical problem solving in kurikulum merdeka's elements as capital for thinking skills to the next level. Based on this, this study aims to determine the problem-solving approaches and proof schemes of students in solving problems about vector. The research method used is qualitative research. The subjects studied amounted to 6 students with certain criteria that can represent each cognitive level so as to provide a comprehensive picture of the characteristics of each student. Based on the findings, problem-solving approaches in general students are able to make problem-solving strategies and lead to solutions. However, after getting the final answer students tend not to validate or look for other more effective strategies. In the problem-solving steps, students tend to only reach the fourth step, which is doing activities on the problem, not reaching the fifth step, which is validating the answer. While the second category of thinking process, namely proof schemes, students belong to the Result Pattern Generalization way of thinking. In this case, students perform problem solving that only focuses on the final solution. The solution found by students is the right solution but most students do not understand the meaning of the concepts and processes carried out to arrive at the final solution. With the description of the mental action of mathematical problem solving, the goal of an kurikulum merdeka, namely independent learning, can be achieved.

*Keywords:* Problem-solving approaches, proof schemes, vector, independent learning

**Abstrak.** Kajian matematika menekankan pada pembentukan kemampuan berpikir. Dengan pemahaman dan proses berpikir yang baik, maka prestasi belajar cenderung baik. Namun, penelitian mengungkapkan bahwa siswa cenderung menghafal rumus dan algoritma langkah-langkah pengerjaan tanpa memahami maksud dari masalah. Padahal saat ini pendidikan di Indonesia mengedepankan proses berpikir merdeka atau terbuka. *Problem-solving approaches* dan *proof schemes* merupakan tindakan mental dari pemecahan masalah matematis pada elemen kurikulum merdeka sebagai modal kemampuan berpikir ke tingkat selanjutnya. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *problem-solving approaches* dan *proof schemes* siswa dalam menyelesaikan masalah pada materi vektor. Metode penelitian yang digunakan yaitu penelitian kualitatif. Subjek yang diteliti berjumlah 6 siswa dengan kriteria tertentu yang dapat mewakili tiap level kognitif sehingga mampu memberikan gambaran menyeluruh karakteristik setiap siswa. Berdasarkan hasil temuan, *problem-solving approaches* pada umumnya siswa mampu membuat strategi penyelesaian masalah dan mengarah pada solusi. Namun, setelah mendapatkan jawaban akhir siswa cenderung tidak melakukan validasi atau mencari strategi yang lebih efektif lainnya. Dalam langkah pemecahan masalah, siswa cenderung hanya sampai langkah keempat, yaitu melakukan aktivitas pada masalah, belum mencapai langkah kelima yaitu validasi jawaban. Sedangkan kategori proses berpikir yang kedua yaitu *proof schemes*, siswa tergolong kategori cara berpikir *Result Pattern Generalization*. Dalam kasus ini, siswa melakukan penyelesaian masalah yang hanya terfokus pada solusi akhir. Solusi yang ditemukan oleh siswa merupakan solusi yang tepat tetapi kebanyakan siswa tidak memahami makna dari konsep dan proses yang dilakukan sampai pada solusi akhir tersebut. Dengan adanya gambaran dari tindakan mental pemecahan masalah matematis, maka tujuan kurikulum merdeka yaitu merdeka belajar dapat tercapai.

*Kata-kata kunci:* Problem-solving approaches, proof schemes, vektor, merdeka belajar

## 1 PENDAHULUAN

Matematika merupakan salah satu pelajaran penting yang ada di setiap jenjang pendidikan mulai dari jenjang pendidikan dasar sampai pendidikan tinggi. Matematika sebagai salah satu disiplin ilmu mempunyai peranan penting dalam mengembangkan kemampuan peserta didik termasuk kemampuan berpikirnya. Leatham, dkk. [10] menekankan pentingnya pemahaman konsep matematis untuk membangun berpikir siswa. Hal ini menunjukkan bahwa berpikir matematis sangat penting untuk dikaji dalam konteks belajar matematika. Berpikir merupakan modal utama dalam menyusun pola dan struktur matematika. Karena itu, matematika sebagai ilmu yang memiliki ciri khas pengembangan berpikir dengan objek mental sebagai kajiannya. Bahkan matematika juga sering diidentikkan dengan ilmu berpikir, sehingga ada interpretasi umum bahwa siswa yang mampu dalam matematika dipandang sebagai siswa yang cerdas dan memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Dalam pelaksanaan kurikulum merdeka, terdapat elemen kecakapan yang termuat dalam pembelajaran matematika yaitu pemahaman, penalaran, pembuktian, pemecahan masalah, komunikasi, representasi, dan koneksi matematis (Kemendikbudristek [8]).

Elemen matematika pada kurikulum merdeka salah satunya yaitu pemecahan masalah matematis. Herlina dkk. [6] melakukan penelitian terhadap kemampuan pemahaman dan memecahkan masalah matematika. Dalam penelitian ini diperoleh bahwa pengetahuan diri merupakan komponen penting dari metakognisi. Sesuai dengan konsep kurikulum bahwa pemahaman terhadap materi yang telah diberikan, serta kemampuan menerapkan, mengevaluasi, dan bahkan merumuskan pengetahuan itu sendiri juga menjadi dasar kurikulum merdeka (Kemendikbudristek [8]).

Pada umumnya, matematika di sekolah lebih menekankan pada penggunaan rumus hitungan, bukan menekankan pada kemampuan proses berpikir siswa (Suryadi dan Suratno [17]). Hal inilah membuat mereka kesulitan dalam menggambarkan konsepsi dari pembelajaran matematika. Jika konsepsi pembelajaran matematika yang dimaksud dapat dimaknai dengan baik, maka dapat membantu tenaga pendidik dalam upaya mengembangkan dan mengeksplorasi makna dari proses pemecahan masalah. Selain itu, siswa pun cenderung menghafal rumus dan algoritma langkah-langkah pengerjaan soal tanpa memahaminya jika kegiatan pembelajaran rutin diterapkan di sekolah (Rakhmawati [13]). Pratama, dkk. [12] juga mengungkapkan bahwa kesulitan yang dialami oleh siswa melibatkan beberapa topik yang dasar yaitu seperti nilai dan arah vektor, penjumlahan dan pengurangan vektor, komponen vektor, dan vektor satuan. Dengan demikian, konsep vektor yang dipelajari siswa tersebut hendaknya membutuhkan pemahaman yang lengkap dan mendasar.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan yang ditemukan, peneliti pun tertarik untuk melakukan penelitian terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis kategori pendekatan pemecahan masalah dan skema pembuktian terkait konsep vektor. Penelitian ini dipilih peneliti karena kemampuan pemecahan masalah matematis terkait vektor sangat penting dan berkaitan dengan kemampuan matematis lain dan konsep matematika lanjut yang tercantum dalam capaian pembelajaran kurikulum merdeka.

## 2 LANDASAN TEORI

### 2.1 Kurikulum Merdeka pada Pembelajaran Matematika

Saat ini, kementerian pendidikan Indonesia menawarkan tiga jenis kurikulum yang dapat dipilih oleh masing-masing sekolah, yaitu kurikulum 2013, kurikulum darurat, dan kurikulum merdeka. Kurikulum terbaru yang dianjurkan untuk digunakan yaitu kurikulum merdeka. Kurikulum ini memiliki kerangka kurikulum yang fleksibel, sederhana, fokus pada materi esensial serta mendukung pengembangan karakter dan potensi siswa (Kemendikbudristek [8]). Salah satu program esensial di kurikulum ini yaitu merdeka belajar. Merdeka belajar adalah merdeka dalam berpikir, sehingga seorang guru mampu berpikir untuk dapat memerdekakan siswa dalam kegiatan pembelajaran (Sherly, et. al. [16]).

Konsep kurikulum merdeka belajar dapat meningkatkan kognitif siswa serta kemampuan berpikir logis. Hal ini sejalan dengan tujuan pembelajaran matematika yang dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir logis, analitis, sistematis, kritis,

dan kreatif. Kompetensi tersebut diperlukan agar siswa memiliki kemampuan memperoleh, mengelola, dan memanfaatkan informasi untuk bertahan hidup pada keadaan yang selalu berubah, penuh ketidakpastian, dan bersifat kompetitif (Kemendikbudristek [8]).

Merdeka belajar mampu melahirkan pendidikan yang berkualitas dengan meningkatkan pelayanan dan kemudahan akses pendidikan sehingga mampu mengubah dan menciptakan daya pikir *High Order Thinking Skill (HOTS)*. Berpikir HOTS yaitu berpikir memaksimalkan daya analisis dalam menciptakan temuan baru dalam teknologi yang akan mempermudah kegiatan kinerja manusia (Anggaeni & Priyojadmiko [1]).

Dalam pelaksanaan kurikulum merdeka, terdapat elemen kecakapan yang termuat dalam pembelajaran matematika yaitu pemahaman, penalaran, pembuktian, pemecahan masalah, komunikasi, representasi, dan koneksi matematis (Kemendikbudristek [8]). Berdasarkan elemen kecakapan tersebut, matematika merupakan alat konseptual untuk mengontruksi dan merekontruksi materi berupa aktivitas mental yang membentuk alur berpikir dan alur pemahaman. Masing-masing elemen memuat indikator yang saling berhubungan. Pada penelitian ini, elemen kecakapan yang dibahas adalah pendekatan pemecahan masalah dan skema pembuktian matematis.

## 2.2 *Problem-solving Approaches dan Proof Schemes*

Pada Teori Harel kajian pendekatan pemecahan masalah (*problem-solving approaches*) dan skema pembuktian (*proof schemes*) termasuk ke dalam pemecahan masalah matematis dalam tindakan cara berpikir (*ways of thinking*). Harel [3] melakukan refleksi terhadap inovasi pedagogis dan berbagai temuan salah satunya mencakup aspek pengembangan cara berpikir. Menurut Harel [2], proses memahami meliputi konten matematika, termasuk tindakan menghasilkan arti/interpretasi untuk istilah, pernyataan, atau masalah, sedangkan proses berpikir yaitu yang mengatur cara memahami, termasuk pendekatan pemecahan masalah, skema bukti, dan keyakinan terhadap matematika. Pendekatan pemecahan masalah dan skema bukti merupakan cara berpikir internal sebagai tindakan mental yang dilakukan seseorang dalam mengerjakan matematika.

Berdasarkan Teori Harel bahwa kajian cara berpikir mendukung program merdeka belajar pada kurikulum merdeka. Dalam pembelajaran matematika di tingkat sekolah dasar (SD) hingga tingkat sekolah menengah (SMP/SMA) menggunakan modul yang khusus dirancang dalam memenuhi kebijakan dari kurikulum merdeka belajar yaitu untuk memenuhi Asesmen Kompetensi Minimum (AKM). Pada pengembangan silabus dan rencana pelaksanaan pembelajaran matematika, guru lebih mempertimbangkan level kognitif atau kemampuan berpikir siswa tersebut karena memerlukan proses berpikir yang terstruktur dan koneksitas yang abstrak (Ribatul dkk [14]).

Nurhasanah (2019) dalam penelitiannya membuat kategori dari elemen pendekatan pemecahan masalah dan skema pembuktian matematis. Pendekatan pemecahan masalah dikategorikan menjadi kategori sangat baik, baik, cukup, dan kurang. Sedangkan skema pembuktian matematis dikategorikan ke dalam *Result Pattern Generalization (RPG)* dan *Process Pattern Generalization (PPG)*. Pengkategorian tersebut berdasarkan pola hubungan antara cara berpikir dengan cara memahami siswa dengan tujuan memberikan penilaian secara kualitatif terhadap siswa sesuai dengan hasil tes dan wawancara.

| Tindakan                                                                      | Kategori                                    | Deskripsi                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Ways of Thinking (WoT)</i>                                                 |                                             |                                                                                                                                                                            |
| Pendekatan Pemecahan Masalah ( <i>Problem-solving approaches/Heuristics</i> ) | Sangat Baik                                 | Mempunyai pendekatan strategi yang beragam dan memilih strategi yang paling efektif dan efisien dan mengarah pada solusi yang benar                                        |
|                                                                               | Baik                                        | Membuat rencana yang benar dan mengarah pada solusi yang benar                                                                                                             |
|                                                                               | Cukup                                       | Membuat rencana pemecahan masalah yang dapat diterapkan namun memungkinkan tidak mendapatkan hasil yang sesuai/salah                                                       |
| Skema Bukti ( <i>Proof schemes</i> )                                          | Kurang                                      | Tidak memiliki atau membuat rencana yang relevan dengan masalah                                                                                                            |
|                                                                               | <i>Result Pattern Generalization (RPG)</i>  | Cara berpikir seseorang yang didasarkan pada hasil/jawaban akhir misalnya substitusi jawaban/angka, memahami konsep, dan pernyataan yang dihasilkan benar atau salah.      |
|                                                                               | <i>Process Pattern Generalization (PPG)</i> | Cara berpikir seseorang dalam menyelesaikan permasalahan didasarkan pada pemahaman yang baik pada konsep, memvalidasi proses, sehingga menghasilkan pernyataan yang benar. |

TABEL 1. Kategorisasi dalam Pemecahan Masalah Matematis

Berdasarkan Tabel 1, kategorisasi pemecahan masalah matematis relevan dengan program merdeka belajar. Penilaian yang dilakukan pada program merdeka belajar lebih kepada bagaimana siswa berpikir dan memahami suatu masalah. Pengkategorian tersebut dapat dijadikan acuan pada Asesmen Kompetensi Minimum (AKM). AKM pada pendekatan pemecahan masalah yaitu kategori baik dan skema pembuktian haruslah mencapai *PPG*.

Selain pengkategorian, berdasarkan Teori Harel terdapat teori lain yaitu dari Gagne (Hendriana dkk [5]) yang menyatakan bahwa ada lima langkah yang harus dilakukan dalam menyelesaikan masalah yaitu:

- (1) Menyajikan masalah dalam bentuk yang lebih jelas.
- (2) Menyatakan masalah dalam bentuk operasional.
- (3) Menyusun hipotesis alternatif dan prosedur kerja yang diperkirakan baik untuk dipergunakan dalam memecahkan masalah.
- (4) Menguji hipotesis dan melakukan kerja untuk memperoleh hasilnya (pengumpulan data, pengolahan data, dan lain-lain), hasilnya mungkin lebih dari satu.
- (5) Memeriksa kembali apakah hasil yang diperoleh itu benar atau memilih alternatif pemecahan yang terbaik.

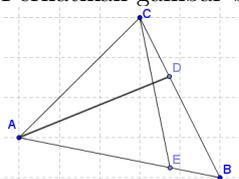
### 2.3 Kajian Matematis Materi Vektor

Elemen konten pembelajaran matematika di sekolah mencakup bilangan, aljabar, trigonometri, geometri, statistika, dan peluang. Elemen geometri memuat capaian pembelajaran yaitu peserta didik dapat menyatakan vektor pada bidang datar, melakukan operasi aljabar pada vektor, dan melakukan pembuktian geometris menggunakan vektor (Kemendikbudristek [8]). Hasil studi pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti menemukan bahwa alur pembelajaran khususnya konsep vektor tidak sesuai dengan alur pembelajaran matematika yang telah ditetapkan secara nasional. Dalam capaian pembelajaran matematika belum dipelajari konsep trigonometri, padahal dalam materi vektor, konsep trigonometri telah digunakan dalam menyelesaikan permasalahan terkait materi hasil kali dalam.

Materi vektor sangat penting untuk dipelajari, tetapi terdapat beberapa penelitian yang mengungkapkan kesulitan yang dihadapi oleh siswa. Jupri [7] mengungkapkan bahwa terdapat kesulitan siswa saat mempelajari matematika termasuk kesulitan dalam *mathematization* dan menghubungkan berbagai konsep matematika. Khaerani [9] dalam penelitiannya menyebutkan bahwa pemahaman konsep matematika yang satu menjadi prasyarat dalam mempelajari konsep matematika lainnya. Oleh karena itu, pembelajaran akan efektif jika siswa memahami secara baik dan utuh konsep matematika yang dipelajari. Pada penelitian ini, materi vektor yang difokuskan adalah operasi penjumlahan dan pengurangan vektor secara aljabar dan geometris.

## 3 METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah metode eksploratif dengan pendekatan kualitatif. Penelitian eksploratif ini dimaksudkan untuk mengeksplorasi kemampuan pemecahan masalah matematis siswa pada konsep vektor sehingga memperoleh profil besar kemampuan tersebut. Subjek penelitian ini adalah 6 siswa yang sedang belajar vektor. Pengumpulan data diperoleh dengan menggunakan studi literatur, observasi, hasil tes tertulis, dan wawancara. Dalam tes yang peneliti ujikan terdapat dua soal sesuai dengan indikator yang telah ditetapkan yaitu sebagai berikut:

| No | Butir Soal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | $ABCDEF$ adalah segi enam beraturan dengan pusat di $O$ . Jika $\vec{AB}$ dan $\vec{BC}$ masing-masing dinyatakan oleh vektor $\vec{m}$ dan $\vec{n}$ maka tentukan operasi vektor $\vec{AO} + \vec{CD} - \vec{BC} + \vec{OD}$ dalam bentuk vektor $\vec{m}$ dan $\vec{n}$                                                                                                                                             |
| 2  | Perhatikan gambar berikut:<br> <p>Jika diketahui <math> \vec{CD}  :  \vec{DB}  = 3 : 5</math>, <math> \vec{AE}  :  \vec{EB}  = 4 : 1</math>, vektor <math>\vec{AB} = \vec{a}</math> dan <math>\vec{AC} = \vec{b}</math>, maka tentukan vektor <math>\vec{DE}</math> dalam bentuk <math>\vec{a}</math> dan <math>\vec{b}</math>.</p> |

TABEL 2. Instrumen tes kemampuan pemecahan masalah konsep vektor

Soal yang terlihat pada Tabel 2 berisikan masalah terkait operasi vektor pada segi enam beraturan dan perbandingan segmen garis yang dikaitkan dengan masalah vektor posisi pada segitiga sebarang.

Proses analisis data mengikuti model analisis Miles dan Huberman [11] yang terdiri dari reduksi data, penyajian data, dan kesimpulan. Data interpretasi dalam penelitian ini, peneliti menginterpretasikan data penelitian selama wawancara dengan subjek. Peneliti membuat empat kategori untuk melihat pendekatan pemecahan masalah siswa dan dua kategori skema pembuktian. Pemecahan masalah yang mencakup unsur-unsur yang telah diketahui dalam masalah, membuat perkiraan/prediksi tentang cara yang tepat untuk melakukan pertanyaan dan menggunakannya, menyelesaikan masalah dengan menghubungkan hubungan antara pengetahuan sebelumnya dan pengetahuan baru, mengetahui alasan yang tepat untuk menggunakan strategi yang digunakan untuk memecahkan masalah, dan mengevaluasi efektivitas strategi. Membuat kesimpulan dan rekomendasi berdasarkan hasil pengolahan data untuk menjawab pertanyaan penelitian, yaitu menggambarkan kemampuan pemecahan masalah siswa dalam memecahkan masalah vektor matematika.

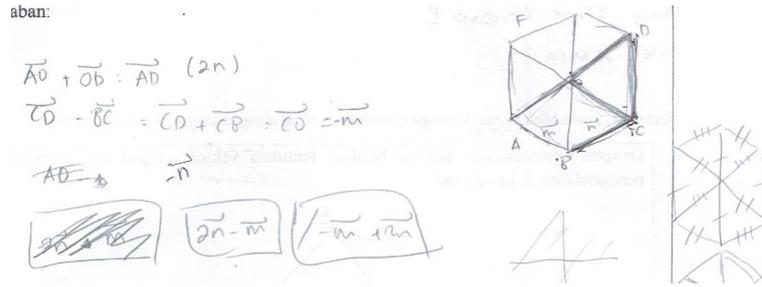
#### 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan pemecahan masalah matematis merupakan salah satu kemampuan matematis yang penting dan perlu dikuasai oleh peserta didik dalam belajar matematika. Proses ini mencakup konstruksi dan rekonstruksi pemahaman matematika melalui pemecahan masalah (Kemendikbudristek [8]). Tindakan mental dari pemecahan masalah matematis yang dibahas adalah pendekatan pemecahan masalah (*problem-solving approaches*) dan skema pembuktian (*proof schemes*) berdasarkan teori Harel.

Penelitian ini dilakukan terhadap 6 subjek pada tahap operasional formal berdasarkan level kemampuan kognitif tinggi, sedang, dan rendah sehingga dapat memberikan gambaran secara menyeluruh. Karakteristik tersebut dikelompokkan sebagai hasil penilaian pengetahuan dan keterampilan siswa pada semester sebelumnya. Soal yang diujikan yaitu dua soal uraian disesuaikan dengan kemampuan pemecahan masalah. Berikut dijelaskan masing-masing dari kategori pemecahan masalah matematis.

##### 4.1 Pendekatan Pemecahan Masalah Matematis

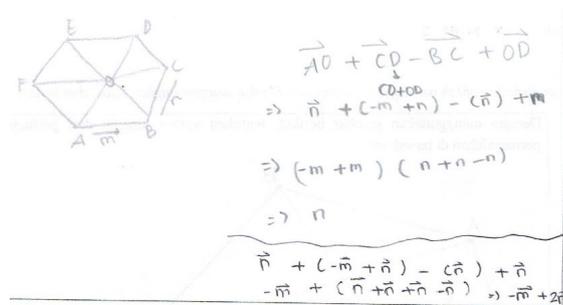
Pada soal pertama, materi yang diujikan adalah operasi vektor dengan menggunakan bidang segienam beraturan. Diperoleh hasil bahwa pada kategori pemecahan masalah matematis, terdapat 1 orang tergolong kategori sangat baik, 3 orang kategori baik, dan 2 orang kategori cukup. Berikut disajikan Gambar 1 yang merupakan hasil jawaban siswa dengan pendekatan pemecahan sangat baik.



GAMBAR 1. Jawaban siswa dengan kategori sangat baik

Pada Gambar 1. siswa dapat menyelesaikan permasalahan dengan dua cara yaitu dengan langsung menyubstitusikan vektor  $\vec{m}$  dan  $\vec{n}$  pada pertanyaan yang diberikan yaitu  $\vec{AO} + \vec{CD} - \vec{BC} + \vec{OD}$  yang terlihat seperti pada gambar sehingga diperoleh hasil  $-\vec{m} + 2\vec{n}$ . Sedangkan cara kedua siswa mengganti vektor posisi dari  $\vec{CD}$ ,  $\vec{BC}$ , dan  $\vec{OD}$  ke dalam gambar segienam beraturan sehingga diperoleh  $\vec{AE} = (\vec{n} + (-\vec{m} + \vec{n})) = -\vec{m} + 2\vec{n}$ . Dari jawaban tersebut, siswa tergolong kategori sangat baik yang memiliki beberapa strategi pengerjaan yang efektif dan mengarah pada solusi yang benar.

Terdapat 3 orang siswa tergolong kategori baik. Jawaban siswa hanya terfokus pada satu cara tanpa mempertimbangkan cara lain yang lebih efektif dengan langsung menyubstitusikan vektor  $\vec{m}$  dan  $\vec{n}$  dan memperoleh jawaban yang benar. Pada saat wawancara, subjek beranggapan bahwa satu cara sudah cukup tidak perlu mencari cara lain, berbeda dengan cara berpikir siswa berkemampuan kognitif sedang. Siswa telah memahami materi tetapi masih melakukan kesalahan baik operasi maupun substitusi vektor yang sesuai seperti pada Gambar 2.



GAMBAR 2. Jawaban siswa dengan kategori cukup

Kesimpulan yang dapat diambil dari jawaban siswa pada Gambar 2 bahwa dalam tindakan mental pendekatan pemecahan masalah pada soal nomor 1 tergolong baik, yaitu memiliki strategi yang tepat tetapi tidak mendapatkan hasil yang benar. Pada Teori Gagne langkah pengerjaan siswa baru mencapai tahap keempat. Selanjutnya untuk kategori skema pembuktian terdapat 1 orang tergolong kategori sangat baik, 2

orang kategori baik, 2 orang kategori cukup, dan 1 orang kategori kurang. Berikut salah satu contoh jawaban siswa pendekatan pemecahan masalah kategori baik

$$\begin{aligned} \vec{DE} &= \vec{DC} + \vec{CA} + \vec{AE} \\ &= \vec{DC} - \vec{b} + \frac{4}{8}\vec{b} \\ &= -\frac{3}{8}\vec{a} + \left(\frac{4}{8}\vec{b} - \vec{b}\right) + \frac{4}{8}\vec{a} \\ &= -\frac{3}{8}\vec{a} + \frac{4}{8}\vec{a} - \frac{4}{8}\vec{b} + \frac{4}{8}\vec{b} \\ &= \frac{-3+4}{8}\vec{a} - \frac{4-4}{8}\vec{b} \\ &= \frac{1}{8}\vec{a} - 0\vec{b} \\ &= \frac{1}{8}\vec{a} \end{aligned}$$

GAMBAR 3. Jawaban siswa dengan kategori sangat baik

Berdasarkan Gambar 3 dalam menentukan vektor  $\vec{DE}$  dalam bentuk  $\vec{a}$  dan  $\vec{b}$  siswa menggunakan penjumlahan  $\vec{DC} + \vec{CA} + \vec{AE}$ . Setelah dilakukan wawancara, siswa menyatakan banyak penjumlahan vektor yang dapat membentuk vektor  $\vec{DE}$  yaitu penjumlahan vektor  $\vec{DA} + \vec{AE}$  atau  $\vec{DB} + \vec{BE}$ . Namun, cara yang ditulis dalam lembar jawaban adalah penjumlahan  $\vec{DC} + \vec{CA} + \vec{AE}$  dengan alasan lebih mudah. Cara pengerjaan yang dilakukan logis, sistematis, dan hasil akhir yang diperoleh benar. Sedangkan untuk siswa yang berkemampuan kognitif rendah, siswa tidak mampu membuat strategi yang tepat hanya menuliskan atau corat-coret pada lembar soal yang disediakan. Oleh karena itu, cara berpikir siswa dalam pendekatan pemecahan masalah pada soal nomor 2, digolongkan ke dalam kategori kurang.

Berdasarkan soal yang diujikan, terdapat berbagai macam strategi yang dilakukan oleh siswa dalam menjawab permasalahan terkait vektor. Pendekatan yang dipilih siswa untuk memecahkan suatu masalah tergantung pada caranya memahami masalah. Oleh karena itu, tidak hanya beberapa solusi untuk masalah yang diberikan, tetapi dalam banyak kasus menggunakan beberapa strategi yang bermanfaat untuk memecahkan masalah dengan sebagai bentuk berpikir reflektif yaitu memvalidasi jawaban agar jawaban yang diperoleh merupakan jawaban yang benar.

Begitupun siswa yang tidak mempunyai strategi sama sekali dalam menyelesaikan masalah, akan cenderung berpikir tidak logis, asal menjawab, tidak sesuai dengan konsep sehingga solusi yang diperoleh salah. Oleh karena itu, terdapat hubungan yang positif antara pendekatan pemecahan masalah dengan solusi akhir atas jawaban yang dihasilkan (prestasi belajar siswa). Pendekatan pemecahan masalah (*heuristics*) yang sangat baik berdampak pada pemecahan masalah yang sukses dengan solusi yang benar/tepat. *Heuristics* yang sangat baik sebagai tindakan cara berpikir yang membantu seseorang untuk memahami masalah dengan lebih baik atau membuat kemajuan yang terarah menuju solusi yang tepat. Dengan demikian, pendekatan masalah matematis yang masuk kategori minimal baik akan lebih mudah dalam melaksanakan program merdeka belajar.

#### 4.2 Skema Pembuktian Matematis

Pada soal pertama, diperoleh hasil bahwa pada kategori skema pembuktian terdapat 3 orang tergolong *PPG* dan 3 orang tergolong *RPG*. Sedangkan untuk skema pembuktian pada soal kedua, 2 orang tergolong *PPG* dan 4 orang tergolong *RPG*. Harel [2] menyebutkan bahwa *PPG* adalah cara berpikir di mana pembuktian seseorang didasarkan pada keteraturan dalam proses yang merupakan turunan dari penalaran deduktif, sedangkan *RPG* adalah cara berpikir di mana pembuktian seseorang hanya didasarkan pada keteraturan hasil misalnya diperoleh dengan substitusi angka, yang merupakan turunan dari penalaran empiris.

Berdasarkan Gambar 2, subjek langsung menuliskan memperoleh vektor yang mewakili  $\overrightarrow{AO} + \overrightarrow{CD} - \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{OD}$  pada bagian atas kanan yang hasil akhirnya salah, sedangkan bagian atas kiri adalah jawaban subjek setelah dilakukan wawancara dengan jawaban akhir benar. Subjek tidak teliti dalam menuliskan vektor yang mewakili  $\overrightarrow{OD}$  yang seharusnya  $\vec{n}$  bukan  $\vec{m}$ . Subjek tidak memastikan kembali vektor  $\overrightarrow{OD}$ . Padahal konsep telah dipahami dengan baik oleh subjek. Hal yang sama dilakukan oleh subjek yang mewakili kemampuan kognitif rendah seperti pada Gambar 4 berikut:

Jawaban:

$$\begin{aligned}
 &= \overrightarrow{AO} + \overrightarrow{CD} - \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{OD} \\
 &= \vec{n} + \frac{1}{2}(m+n) + (-\vec{n}) + n \\
 &= \vec{n} + \frac{1}{2}m + \frac{1}{2}n \\
 &= \frac{3}{2}\vec{n} + \frac{1}{2}\vec{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \overrightarrow{CD} &= \overrightarrow{CO} + \overrightarrow{OD} \\
 &= -m + n \\
 \vec{n} - \vec{m} + \vec{n} - \vec{n} + \vec{n} \\
 &= \vec{n} + \vec{n} - \vec{n} + \vec{n} - m \\
 &= 2\vec{n} - \vec{m}
 \end{aligned}$$

GAMBAR 4. Jawaban dengan cara berpikir *PPG*

Setelah dilakukan wawancara, subjek baru menyadari bahwa  $\overrightarrow{CD}$  bukanlah  $\frac{1}{2}(\vec{m} + \vec{n})$  tetapi  $\overrightarrow{CD}$  diperoleh dari  $\overrightarrow{CO} + \overrightarrow{OD} = -\vec{m} + \vec{n}$ . Subjek beranggapan bahwa  $\overrightarrow{CD}$  adalah setengah dari vektor  $\overrightarrow{EB}$  dengan  $\overrightarrow{EB} = \vec{m} + \vec{n}$ . Gambar 4 bagian kiri merupakan jawaban awal subjek, sedangkan bagian bawah kanan merupakan jawaban subjek setelah dilakukan wawancara. Dalam hal ini, merdeka belajar dapat diterapkan karena hubungan timbal balik antara peneliti sebagai guru dan subjek sebagai siswa yang mampu menyelesaikan masalah matematis sampai dengan solusi yang tepat.

Dari banyaknya persentasi yang diperoleh, secara umum mengenai cara berpikir *proof schemes* kategori *RPG* dan *PPG* diperoleh bahwa cara berpikir *RPG* lebih banyak dibandingkan dengan cara berpikir *PPG*. Hal ini tidak jauh berbeda dengan penelitian Harel sebelumnya yaitu kendala epistemologis termasuk potensi kesulitan siswa dengan terminologi berbasis konsep aljabar linear, konstruksi konsep aljabar linier yaitu konsepsi proses dan konsepsi objek, pengembangan skema bukti deduktif yang terbiasa

menggunakan kuantitas, yang dianggap sulit bagi siswa (Harel [2]). Harel [3] menyebutkan bahwa pada umumnya siswa menyelesaikan permasalahan matematis dengan cara berpikir empiris dibandingkan dengan cara berpikir deduktif. Hal ini dipengaruhi oleh kebutuhan intelektual yang berbeda antar siswa. Tindakan mental siswa tersebut menghadapi situasi yang tidak sesuai atau yang sulit dipecahkan dengan mencari resolusi baru mengaitkan dengan konsep sebelumnya sehingga menghasilkan produk kebutuhan pribadi tersebut yaitu pengetahuan yang baru (Harel [4]).

Cara berpikir siswa yang tergolong *RPG* maupun *PPG* menguasai konsep vektor dengan baik dan cenderung menghasilkan solusi yang benar. Namun, tidak semua penyelesaian pembuktian dapat diselesaikan dengan cara berpikir *RPG* yang hanya sebatas pada substitusi angka atau terfokus pada hasil akhir. Masalah matematis dengan pembuktian harus dibuktikan secara umum tidak hanya berdasarkan contoh-contoh saja. Oleh karena itu penting bagi siswa untuk terbiasa dengan cara berpikir *PPG* sehingga secara konseptual penyelesaian masalah yang dilakukan siswa benar. Proses berpikir *PPG* dapat dicapai oleh siswa ketika siswa rutin mengerjakan soal dengan indikator kesulitan tingkat tinggi. Kurikulum merdeka yang saat ini dicanangkan dapat membantu pencapaian proses berpikir *PPG*, terutama pada berbagai macam proyek yang diterapkan di setiap mata pelajaran.

## 5 KESIMPULAN

Berdasarkan temuan dan hasil analisis yang dilakukan bahwa pada kategori pertama yaitu pendekatan pemecahan masalah pada umumnya tergolong kategori baik. Sebagian besar siswa mampu membuat rencana/strategi penyelesaian masalah dan mengarah pada solusi yang tepat. Strategi yang dilakukan umumnya tidak beragam, hanya satu strategi dan setelah mendapatkan jawaban akhir siswa cenderung tidak melakukan validasi atau mencari strategi yang lebih efektif lainnya. Pendekatan pemecahan masalah yang dilakukan oleh siswa beraneka ragam/unik. Cara yang dilakukan tergantung dari pemahaman konsep masing-masing siswa. Kategori yang kedua yaitu skema bukti yang tergolong dengan cara berpikir *Result Pattern Generalization (RPG)*. Dalam kasus ini, siswa melakukan penyelesaian masalah yang hanya terfokus pada solusi akhir. Solusi yang ditemukan oleh siswa merupakan solusi yang tepat tetapi kebanyakan siswa tidak memahami makna dari konsep dan proses yang dilakukan sampai pada solusi akhir tersebut. Pendekatan pemecahan masalah dan skema pembuktian merupakan kategori tindakan mental dari kemampuan pemecahan masalah matematis yang saat ini termuat dalam kurikulum merdeka belajar. Dengan adanya kurikulum merdeka belajar, diharapkan pendekatan pemecahan masalah minimal kategori baik dan skema pembuktian haruslah berpikir *Process Pattern Generalization (PPG)*. Dengan begitu, konsep dan tujuan dari kurikulum merdeka belajar tercapai.

## REFERENSI

- [1] Anggraeni, D., dan Priyojadmiko, E., Peran guru dalam menghadapi tantangan implementasi merdeka belajar untuk meningkatkan pembelajaran matematika pada era omicron dan era society 5.0, *Prosiding Seminar Nasional PGSD*, (2022).
- [2] Harel, G., A DNR perspective on mathematics curriculum and instruction Part I: focus on proving, *ZDM Mathematics Education*, **40** (2008), 487–500.
- [3] Harel, G., Classroom-based interventions in mathematics education: relevance, significance, and applicability, *ZDM Mathematics Education*, **45** (2013), 483–489.
- [4] Harel, G., Common Core State Standards for Geometry: An Alternative Approach, *Notices of the American Mathematical Society*, (2014), 24-35.
- [5] Hendriana, H., Rohaeti, E.E., dan Somarmo, U., *Hard Skills dan Soft Skills Matematik Siswa*, Refika Aditama, Bandung, 2017.
- [6] Herlina A., Febryanti, Fatimah, dan Muthmainnah, Description of Student's Metacognitive Ability in Understanding and Solving Mathematics Problem, *Journal of Physics*, (2018), 1-8.
- [7] Jupri, A., From geometry to algebra and vice versa: Realistic mathematics education principles for analyzing geometry tasks, *AIP Conference Proceedings*, **1830**, 050001 (2017).
- [8] Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 56 Tahun 2022 Tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran.
- [9] Khaerani, I. S. A., *Desain didaktis konsep limit fungsi trigonometri pada pembelajaran matematika SMA*, Universitas Pendidikan Indonesia, 2013.
- [10] Leatham, K.R., Peterson, B.E., Stockero, S.L., dan Zoest, L.,R.V., Conceptualizing Mathematically Significant Pedagogical Opportunities to Build on Student Thinking, *Journal for Research in Mathematics Education*, **46** (1) (2015), 88-124.
- [11] Miles, M.B. dan Huberman, A.M., *Qualitative Data Analysis*, Sage Publications, London, 2014.
- [12] Pratama, A.C., dkk., The development physics essay test to measure vector and mathematics representation ability in senior high school, *Journal of Physics*, (2018), 1-8.
- [13] Rakhmawati, S., *Pemahaman dan Koneksi Matematis serta Habits of Mind Siswa SMA Melalui Pembelajaran dengan Pendekatan M-APOS*, Sekolah Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 2016.
- [14] Ribatul, Nanda, H., dkk., Studi Literatur: Implementasi Merdeka Belajar Dalam Meningkatkan Mutu Pembelajaran Matematika Selama Pandemi, *Biormatika: Jurnal ilmiah fakultas keguruan dan ilmu pendidikan*, **1(8)** (2022), 110-119.
- [15] Sanjaya, A., Johar, R., Ikhsan, M. dan Khairi, L., Students' thinking process in solving mathematical problems based on the levels of mathematical ability, *Journal of Physics*, (2018), 1-7.
- [16] Sherly, S., Dharma, E., dan Sihombing, H.B., Merdeka belajar: kajian literatur, *UrbanGreen Conference Proceeding Library. Konferensi Nasional Pendidikan*, (2021), 201-209.
- [17] Suryadi, D. dan Suratno, T., *Kemandirian Pendidik: Kisah Pendidik Reflektif dan Profesional Pembelajaran*, Sekolah Pascasarjana UPI, Bandung, 2014.

HANI NURHASANAH\* (Penulis Korespondensi)  
 SMKN 1 Padaherang, Indonesia  
 hanimathe@upi.edu

YUNI NURAENI  
 Penulis Independen, Indonesia  
 yunin1604@gmail.com