

Kemampuan Konstruksi Bukti Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Eksponen Negatif

¹Naini Fatmawati*, ²Mochamad Abdul Basir, dan ³Dyana Wijayanti

Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Islam Sultan Agung

*Corresponding Author:
nainifatma@std.unissula.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan siswa dalam melakukan konstruksi bukti dalam menyelesaikan soal eksponen negatif. Kemampuan konstruksi bukti yang dimaksud adalah kemampuan siswa dalam memahami sistematika bukti dan cara siswa menyusun pembuktian berdasarkan apa yang dipahaminya. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif kualitatif dengan sumber data siswa-siswi kelas X MIPA 1 SMA Karanganyar Demak tahun ajaran 2020/2021. Hasil penelitian menyatakan bahwa konstruksi bukti siswa pada permasalahan soal eksponen negatif menunjukkan bahwa: (1) siswa dengan kemampuan tinggi mampu mengidentifikasi data, tujuan, aturan eksponen, dugaan konsep kunci, dan kesimpulan; (2) siswa dengan kemampuan sedang mampu mengidentifikasi data, tujuan, dugaan konsep kunci, serta kesimpulan. Namun siswa dengan kemampuan sedang gagal dalam mengaitkan pembuktian dengan aturan eksponen; (3) siswa dengan kemampuan rendah mampu mengidentifikasi data dan tujuan pembuktian. Namun siswa dengan kemampuan rendah gagal dalam mengaitkan pembuktian dengan aturan eksponen, membuat dugaan konsep kunci, dan memberikan kesimpulan.

Kata Kunci: Konstruksi Bukti, Bukti Matematika, Eksponen Negatif.

Abstract

This study aims to analyze students' abilities in doing proof construction in solving negative exponential problems. Ability evidence construction in question is the student's ability to understand systematics of evidence and how students organize evidence based on what he understood. This type of research is descriptive research qualitative data sources with class X MIPA 1 SMA Karanganyar Demak 2020/2021 school year. The results of the study state that construction student evidence on the problem of negative exponents shows that (1) students with high ability able to identify data, objectives, exponential rules, key concept guesswork, and conclusions; (2) students with moderate ability able to identify data, objectives, suspected key concepts, and conclusions. However, students with moderate abilities failed to link the evidence with the exponential rule; (3) students with low ability are able identify data and purposes of verification. But students with abilities low fails to associate proof with the exponential rule, make presumptions of key concepts, and provides conclusions.

Keywords: Constructions of proof, Mathematical Proving, Negative Exponents.

1. PENDAHULUAN

Diantara materi dasar yang perlu dipahami oleh siswa adalah eksponensial atau perpangkatan. Beberapa penelitian menemukan banyak siswa mengalami kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan terkait eksponen terutama pada bentuk eksponen negatif. Diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Ramazan (2010) dan Ulusoy (2019), mereka menemukan bahwa banyak siswa sekolah menengah pertama salah dalam mendefinisikan bentuk eksponen negatif. Kesalahan siswa tersebut misalnya mendefinisikan 2^{-4} menjadi $2^{-4} = 2.2.2.2 = 2^4$ yang mana harusnya $2^{-4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2^4}$. Kesalahan serupa juga ditemukan pada siswa tingkat sekolah menengah atas. Dari penelitian yang dilakukan oleh Agustin dan Linguistika (2012), Angraini dan Prahmana (2018), serta Pinahayu (2015) dapat diperoleh informasi bahwa masih ditemukan siswa sekolah menengah atas salah dalam menyelesaikan bentuk eksponen negatif. Kesalahan yang ditemukan misalnya menyelesaikan bentuk eksponen negatif $5^{-2} = -25$, $3^{-5} = 243$, dan $\frac{7^{-2}}{7^{-5}} = 7^7$. Di mana penyelesaian-penyelesaian tersebut adalah salah (Agustin & Linguistika, 2012; Angraini & Prahmana, 2018; Pinahayu, 2015). Banyaknya ditemukan siswa gagal dalam menyelesaikan permasalahan terkait eksponen negatif bahkan pada siswa sekolah menengah atas dapat mengindikasikan akan kurangnya pemahaman siswa pada materi eksponen negatif.

Kurangnya pemahaman siswa pada materi eksponen negatif dapat menjadi sebuah permasalahan matematis yang serius, mengingat eksponen merupakan materi dasar. Polya (1973) telah menyarankan mengenai aspek pemecahan masalah yakni penemuan atau pembuktian. Sebagai salah satu aspek pemecahan masalah bukti dianggap penting dalam matematika. Karena mengetahui bukti dan proses pembuktian merupakan bagian dari cara memahami matematika (Balacheff, 2014). Bukti dapat digunakan sebagai tolak ukur sejauh mana proses berpikir siswa (Sumarmo, 2011). Selain itu, menurut Sentosa (2013) dengan mengetahui kemampuan seseorang dalam menyusun sebuah bukti matematika maka dapat diperoleh informasi mengenai cara berpikir dan alur berpikir matematikanya (Sentosa, 2013). Sehingga, mengetahui kemampuan siswa dalam membentuk dan menyusun bukti dapat menjadi alternatif untuk mengetahui pemahaman matematis siswa.

Proses membentuk dan menyusun bukti disebut konstruksi bukti. Kemampuan konstruksi bukti menurut Hadi (2016) adalah kemampuan menyusun bukti melalui penerapan aturan seperti definisi, asumsi atau teorema berdasarkan fakta. Dalam mengonstruksi bukti matematis, indikator yang dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan konstruksi bukti siswa menurut Faruq (2014) adalah (1) Kemampuan dalam mengidentifikasi apa yang menjadi data dari pernyataan; (2) Kemampuan dalam mengidentifikasi apa yang menjadi tujuan dari pernyataan; (3) Kemampuan dalam mengaitkan data dan tujuan dengan aturan; (4) Kemampuan dalam membuat dugaan konsep kunci yang menjembatani data dan tujuan; (5) Kemampuan dalam mengevaluasi Penarikan kesimpulan. Indikator tersebut dapat menjadi tolak ukur sejauh mana siswa mampu memahami sebuah bukti matematika.

Sayangnya dalam pembelajaran matematika pada tingkat sekolah menengah di Indonesia, pembuktian jarang mendapat tempat yang semestinya (Sumardyono, 2018). Menurut Sumardyono (2018) kegiatan pembuktian hanya muncul sebagai topik yang samar dalam kurikulum pendidikan. Padahal NCTM (2000) telah merekomendasikan agar pembuktian ada dalam setiap tingkat kurikulum pembelajaran. Lantas bagaimana pembuktian diajarkan pada materi eksponen negatif? Eksponen mulai diajarkan secara intensif di sekolah menengah pertama, dengan eksponen negatif sebagai salah satu pokok bahasannya. Untuk memudahkan pemahaman tentang eksponen negatif telah disediakan pembuktian mengenai definisi eksponen negatif dalam buku BSE Matematika di kelas IX. Namun pembuktian tersebut dirasa masih kurang, karena hanya ada satu alternatif pembahasan tentang bukti eksponen negatif (Fatmawati *et al.*, 2019).

Sedangkan dalam sekolah menengah atas pembahasan eksponen negatif lebih ditekankan pada operasi hitung dan manfaat dari eksponen itu sendiri. Definisi eksponen negatif dan buktibuktinya sering kali hanya dijelaskan dalam matematika tingkat sekolah menengah pertama. Padahal jika siswa mampu memahami konsep eksponen negatif sejak tingkat sekolah menengah pertama dengan baik, bukankah seharusnya dalam tingkat sekolah menengah atas siswa akan dengan mudah memecahkan masalah terkait eksponen negatif tanpa terjadi kesalahan-kesalahan.

Berdasarkan banyaknya kegagalan siswa dalam menyelesaikan permasalahan eksponen negatif dan pentingnya pembuktian matematis, maka salah satu hal yang dapat dilakukan adalah dengan mengetahui kemampuan siswa dalam mengonstruksi bukti pada permasalahan eksponen negatif. Karena dengan mengetahui konstruksi bukti siswa pada permasalahan eksponen negatif maka dapat diketahui cara berpikir dan alur berpikir siswa. Oleh karena itu, mengetahui kemampuan konstruksi bukti siswa pada permasalahan eksponen negatif perlu dilakukan. Supaya cara berpikir dan alur berpikir siswa pada permasalahan eksponen negatif dapat diketahui dan dievaluasi dengan baik. Sehingga peneliti merasa perlu mengeksplor permasalahan tersebut.

2. METODE

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif kualitatif dengan fokus penelitian untuk menganalisis kemampuan siswa secara heterogen dalam mengonstruksi bukti pada permasalahan eksponen negatif berdasarkan indikator kemampuan konstruksi bukti. Sumber data dalam penelitian adalah siswa-siswi kelas X MIPA 1 SMA Karanganyar Demak tahun ajaran 2020/2021. Adapun desain penelitian yang digunakan terdiri dari tiga tahap. Tahap-tahap tersebut mengikuti langkah-langkah penelitian kualitatif dalam Rukajat (2018) dan Mamik (2015) yakni : (1) Tahap Orientasi; (2) Tahap Pendeskripsian; dan (3) Tahap Member Check. Tahap pertama adalah tahap orientasi yang berarti tahap pembukaan penelitian. Dalam tahap ini berisi tahap-tahap awal dalam sebuah penelitian berupa pencarian data. Kemudian dilanjutkan tahapan pendeskripsian hasil data yang telah dianalisis. Yang terakhir adalah tahap member check yakni tahap pengecekan data yang diperoleh melalui triangulasi. Triangulasi merupakan teknik pemeriksaan keabsahan data dengan cara mengecek atau membandingkan data (Mamik, 2015). Triangulasi dalam penelitian ini adalah triangulasi sumber. Tujuan dari triangulasi tersebut adalah agar peneliti mendapatkan pandangan dan pemahaman mengenai hasil penelitian dengan lebih baik.

Adapun data diambil menggunakan tes dan wawancara. Tes digunakan untuk memperoleh data bahan analisis kemampuan siswa dalam melakukan pembuktian matematis secara tertulis. Sedangkan wawancara digunakan untuk memverifikasi data hasil tes dan untuk memperoleh informasi dari indikator kemampuan konstruksi bukti siswa yang tidak dapat diperoleh saat tes. Proses analisis data dilaksanakan sejak data terkumpul dan dikerjakan secara intensif setelah data diperoleh. Menurut Milles and Huberman dalam Sugiyono (2015), proses dalam analisis data kualitatif meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Sehingga dalam penelitian proses analisis data terdiri dari reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Hasil Penelitian

1. Siswa Kemampuan Tinggi

Siswa dengan kemampuan tinggi mampu menyelesaikan konstruksi bukti pada permasalahan eksponen negatif dengan baik. Dalam penelitian ini, permasalahan eksponen negatif terdiri dari soal konseptual dan soal non konseptual. Soal konseptual adalah soal yang merujuk pada konsep definisi eksponen negatif. Sedangkan soal non konseptual adalah soal yang menekankan pada operasi hitung eksponen negatif. Berikut hasil penyelesaian siswa kemampuan tinggi dalam menyelesaikan permasalahan eksponen negatif pada soal konseptual :

1. Diketahui = Definisi Eksponen negatif adalah $x^{-m} = \frac{1}{x^m}$, untuk setiap m bilangan asli
 Ditanyakan = Bukti $x^{-m} = \left(\frac{1}{x}\right)^m$
 Penyelesaian =
 Dari sifat eksponen $(a:b)^n = a^n : b^n$ (berdasarkan sifat-sifat eksponen)
 Maka =

$$= x^{-m} = \left(\frac{1}{x}\right)^m$$

$$= x^{-m} = \frac{1^m}{x^m}$$

$$= x^{-m} = \frac{1}{x^m}$$

$$= x^{-m} = x^{-m}$$
 Kesimpulan terbukti $x^{-m} = \left(\frac{1}{x}\right)^m$.

Gambar 1. Hasil Penyelesaian Siswa kemampuan Tinggi pada Soal Konseptual

Berikut hasil penyelesaian siswa kemampuan tinggi dalam menyelesaikan permasalahan eksponen negatif pada soal non konseptual :

2. Diketahui = Definisi eksponen negatif adalah $x^{-m} = \frac{1}{x^m}$.
 Ditanyakan = Bukti $\frac{5xy^{-3}}{25x^{-3}y} = \frac{x^3}{5y^4}$
 Penyelesaian =

$$= \frac{5xy^{-3}}{25x^{-3}y} = \frac{x^3}{5y^4}$$

$$= \frac{5xy^{-3}}{25x^{-3}y} = \frac{1}{5} x^4 y^{-4}$$

$$= \frac{x^4}{5y^4}$$
 Kesimpulan tidak terbukti $\frac{5xy^{-3}}{25x^{-3}y} = \frac{x^3}{5y^4}$.

Gambar 2. Hasil Penyelesaian Siswa kemampuan Tinggi pada Soal Non Konseptual

Kemudian berdasarkan hasil tes dan wawancara dengan siswa berkemampuan tinggi, maka dapat diperoleh analisis konstruksi bukti siswa kemampuan tinggi adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Analisis Konstruksi Bukti Siswa kemampuan Tinggi

Hasil Tes	Hasil Wawancara
Siswa kemampuan tinggi menuliskan data yang ada dalam permasalahan.	Siswa kemampuan tinggi mengerti data yang ia tulis dengan baik.
Siswa kemampuan tinggi menuliskan tujuan utama permasalahan.	Siswa kemampuan tinggi mengerti tujuan permasalahan.
Siswa kemampuan tinggi menuliskan salah satu sifat eksponen pada soal konseptual.	Siswa kemampuan tinggi mengerti alasan dalam pemilihan aturan eksponen.

Langkah-langkah strategi yang digunakan siswa kemampuan tinggi tidak memiliki kekeliruan.	Siswa kemampuan tinggi dapat menemukan cara/strategi dalam menyelesaikan pembuktian dengan baik.
Siswa kemampuan tinggi menuliskan pernyataan kesimpulan.	Siswa kemampuan tinggi dapat memberikan kesimpulan dengan benar.

2. Siswa Kemampuan Sedang

Siswa dengan kemampuan sedang mampu melakukan konstruksi bukti pada permasalahan eksponen negatif dengan baik hanya pada soal non konseptual. Sedangkan pada soal konseptual, siswa dengan kemampuan sedang tidak mampu melakukan konstruksi bukti permasalahan. Berikut hasil penyelesaian siswa kemampuan sedang dalam menyelesaikan permasalahan eksponen negatif pada soal konseptual :

Handwritten student solution for a conceptual problem on negative exponents. The student defines the negative exponent rule as $x^{-m} = \frac{1}{x^m}$. They then show the derivation: $x^{-m} = \left(\frac{1}{x}\right)^m$, and finally expand it as $\left(\frac{1}{x}\right) \times \left(\frac{1}{x}\right) \times \left(\frac{1}{x}\right) \times \dots \times \left(\frac{1}{x}\right) = \frac{1}{x^m}$.

Gambar 3. Hasil Penyelesaian Siswa kemampuan Sedang pada Soal Konseptual

Berikut hasil penyelesaian siswa kemampuan sedang dalam menyelesaikan permasalahan eksponen negatif pada soal non konseptual :

Handwritten student solution for a non-conceptual problem on negative exponents. The student is asked to prove $\frac{5xy^3}{25x^4} = \frac{x^3}{5y^4}$. They solve it by dividing both sides by $5xy^3$, resulting in $\frac{1}{25x^4} = \frac{x^3}{5y^4}$. Then they multiply both sides by $25x^4$ to get $1 = \frac{25x^4 \cdot x^3}{5y^4}$, which simplifies to $1 = \frac{25x^7}{5y^4}$. Finally, they divide both sides by 5 to get $\frac{1}{5} = \frac{x^7}{y^4}$, which is not the target equation.

Gambar 4. Hasil Penyelesaian Siswa kemampuan Sedang pada Soal Non Konseptual

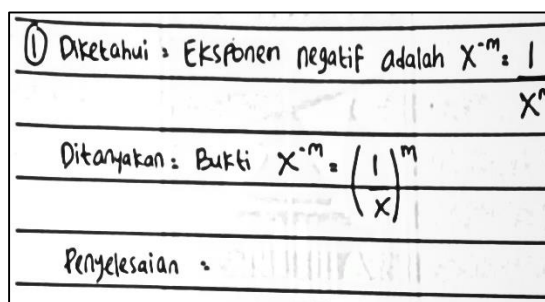
Kemudian berdasarkan hasil tes dan wawancara dengan siswa berkemampuan tinggi, maka dapat diperoleh analisis konstruksi bukti siswa kemampuan sedang adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Analisis Konstruksi Bukti Siswa kemampuan Sengah

Hasil Tes	Hasil Wawancara
Siswa kemampuan sedang menuliskan data yang ada dalam permasalahan.	Siswa kemampuan sedang mengerti data yang ia tulis dengan baik.
Siswa kemampuan sedang menuliskan tujuan utama permasalahan.	Siswa kemampuan sedang mengerti tujuan permasalahan.
Siswa kemampuan tidak menuliskan aturan atau sifat eksponen.	Siswa kemampuan sedang kesulitan mengaitkan langkah penyelesaiannya dengan aturan eksponen.
Langkah-langkah strategi yang digunakan oleh siswa kemampuan sedang masih memiliki kekeliruan pada soal konseptual tetapi untuk soal non konseptual langkah penyelesaian benar.	Siswa kemampuan sedang dapat menemukan cara/strategi dalam menyelesaikan pembuktian dengan baik hanya pada permasalahan soal non konseptual, sedangkan soal konseptual siswa kemampuan sedang kebingungan.
Siswa kemampuan sedang menuliskan pernyataan kesimpulan hanya pada soal non konseptual	Siswa kemampuan sedang dapat memberikan kesimpulan dengan benar pada soal non konseptual.

3. Siswa Kemampuan Rendah

Siswa dengan kemampuan sedang rendah tidak mampu melakukan konstruksi bukti pada permasalahan eksponen negatif dengan baik pada soal konseptual maupun non konseptual. Berikut hasil penyelesaian siswa kemampuan rendah dalam menyelesaikan permasalahan eksponen negatif pada soal konseptual :



Gambar 5. Hasil Penyelesaian Siswa kemampuan Rendah pada Soal Konseptual

Berikut hasil penyelesaian siswa kemampuan sedang dalam menyelesaikan permasalahan eksponen negatif pada soal non konseptual :

(2) Diketahui = Definisi eksponen negatif adalah
 $x^{-m} = \frac{1}{x^m}$
 Ditanya = Bukti $5xy^{-2} \cdot x^3$
 jawab = $\frac{5xy^{-2}}{25x^{-2}y} = \frac{x^3}{5y^1}$
 Jadi kesimpulan terbukti $\frac{5xy^{-2}}{25x^{-2}y} = \frac{x^3}{5y^1}$

Gambar 6. Hasil Penyelesaian Siswa kemampuan Rendah pada Soal Non Konseptual

Kemudian berdasarkan hasil tes dan wawancara dengan siswa berkemampuan tinggi, maka dapat diperoleh analisis konstruksi bukti siswa kemampuan rendah adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Analisis Konstruksi Bukti Siswa kemampuan Rendah

Hasil Tes	Hasil Wawancara
Siswa kemampuan rendah menuliskan data yang ada dalam permasalahan.	Siswa kemampuan rendah mengerti data yang ia tulis dengan baik.
Siswa kemampuan rendah menuliskan tujuan utama permasalahan.	Siswa kemampuan rendah mengerti tujuan permasalahan.
Siswa kemampuan tidak menuliskan aturan atau sifat eksponen.	Siswa kemampuan rendah kesulitan mengaitkan langkah penyelesaiannya dengan aturan eksponen.
Langkah-langkah strategi yang digunakan oleh siswa kemampuan rendah masih memiliki kekeliruan pada soal konseptual maupun soal non konseptual.	Siswa kemampuan rendah tidak dapat menemukan cara/strategi dalam menyelesaikan pembuktian.
Siswa kemampuan rendah salah dalam memberikan kesimpulan.	Siswa kemampuan rendah kesulitan memberikan kesimpulan.

b) Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian kemampuan konstruksi bukti siswa, dapat dijelaskan bahwa siswa dengan kemampuan tinggi, kemampuan sedang, dan kemampuan rendah telah melakukan kegiatan konstruksi bukti matematis. Kemampuan konstruksi bukti setiap siswa tidaklah sama. Termasuk pada jenis soal yang berbeda. Pada jenis soal konseptual, siswa dengan kemampuan sedang dan rendah cenderung gagal dalam mengonstruksi bukti permasalahan eksponen negatif. Hal tersebut karena kurangnya pemahaman siswa pada konsep eksponen, terutama pada siswa dengan kemampuan sedang dan rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Angraini dan Prahmana (2018) yang menemukan bahwa masih banyak siswa kurang memahami konsep eksponen atau bilangan berpangkat.

Kemudian dari keseluruhan kegiatan konstruksi bukti matematis, dapat diketahui bahwa kebanyakan siswa mampu menyebutkan fakta dan tujuan dari permasalahan. Sedangkan untuk mengaitkan aturan eksponen dengan langkah penyelesaian, banyak siswa yang kesulitan memenuhinya. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Jessica (2019) yang menemukan bahwa kebanyakan siswa masih kebingungan untuk menentukan suatu aturan yang dipakai dalam melakukan sebuah pembuktian. Selain itu, beberapa siswa yang menjadi siswa penelitian juga mengalami ketidakyakinan dalam menyelesaikan soal pembuktian terutama dalam memberikan kesimpulan. Hal tersebut juga ditemukan oleh Fuat dkk (2019). Dimana Fuat dkk (2019) menemukan bahwa ketidakpastian atau ketidakyakinan siswa sangat mempengaruhi kemampuan dalam mengonstruksi pembuktian. Sehingga rasa ketidakpercayaan siswa pada kemampuannya sangat mempengaruhi ketercapaian dari indikator konstruksi bukti matematis. Dari setiap indikator konstruksi bukti dalam penelitian ini, masing-masing indikator dijadikan tolak ukur sejauh mana kemampuan siswa dalam menyelesaikan sebuah pembuktian matematis pada permasalahan eksponen negatif. Berikut pembahasan konstruksi bukti siswa dalam setiap indikator yang digunakan :

1. Kemampuan Identifikasi Data Pernyataan.

Sebagaimana yang telah disampaikan oleh Faruq (2014) bahwa kemampuan identifikasi data pernyataan adalah kemampuan siswa dalam mengetahui dan menjelaskan apa saja yang menjadi fakta dalam pernyataan. Maka berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semua siswa baik siswa dengan kemampuan tinggi, siswa dengan sedang, ataupun siswa dengan kemampuan rendah mampu mengetahui dan menjelaskan fakta yang ada dalam permasalahan di semua jenis soal. Hal tersebut mengartikan bahwa baik siswa berkemampuan tinggi, sedang, maupun rendah memiliki kemampuan dalam mengidentifikasi data dalam pernyataan.

2. Kemampuan Identifikasi Tujuan Pernyataan.

Indikator kemampuan identifikasi tujuan pernyataan merupakan indikator yang digunakan untuk mengetahui kemampuan siswa dalam mengerti dan menjelaskan tujuan dilakukannya pembuktian (Faruq, 2014). Dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan oleh penulis menunjukkan bahwa setiap siswa dapat mengerti dan menjelaskan tujuan dari permasalahan di setiap soal. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa semua siswa dalam setiap kemampuan baik siswa kemampuan tinggi, siswa berkemampuan sedang, maupun siswa berkemampuan rendah memiliki kemampuan dalam mengidentifikasi tujuan pernyataan.

3. Kemampuan Mengaitkan Data dan Tujuan Dengan Aturan.

Kemampuan mengaitkan data dan tujuan permasalahan dengan aturan merupakan indikator yang digunakan untuk mengetahui kemampuan siswa dalam mengaitkan aturan eksponen yang menjembatani fakta dan tujuan permasalahan dengan langkah penyelesaian (Faruq, 2014). Dari hasil penelitian dan analisis data menunjukkan bahwa kemampuan dalam mengaitkan data dan tujuan dengan aturan adalah indikator yang gagal dipenuhi oleh hampir semua siswa. Beberapa siswa lebih memilih untuk tidak mengaitkan penyelesaian mereka dengan aturan eksponen yang berlaku dengan alasan kesulitan.

Namun meskipun begitu siswa berkemampuan tinggi mampu mengaitkan aturan eksponen dengan langkah penyelesaiannya di soal konseptual. Sedangkan di soal non konseptual, siswa berkemampuan tinggi kesulitan dalam mengaitkan aturan eksponen dengan langkah penyelesaiannya. Artinya siswa berkemampuan tinggi hanya mampu mengaitkan data dan tujuan permasalahan dengan aturan eksponen di soal yang berjenis konseptual. Untuk siswa

berkemampuan sedang dan rendah tidak ada yang mengaitkan aturan eksponen dengan langkah penyelesaiannya baik disoal konseptual maupun soal non konseptual. Sehingga dapat disimpulkan siswa kategori sedang dan siswa kategori rendah gagal dalam mengaitkan data dan tujuan permasalahan dengan aturan eksponen baik pada soal yang berjenis konseptual maupun nonkonseptual.

4. Kemampuan Membuat Dugaan Konsep Kunci yang Menjembatani Antara Data dan Tujuan.

Kemampuan membuat dugaan konsep kunci yang menjembatani antara data dan tujuan merupakan indikator yang digunakan untuk mengetahui kemampuan siswa dalam membuat dugaan berupa cara atau strategi yang tepat dalam melakukan pembuktian (Faruq, 2014). Dari hasil penelitian dan analisis data menunjukkan bahwa kemampuan siswa berbeda-beda pada setiap dalam memilih cara atau strategi yang tepat sebagai langkah penyelesaiannya. Siswa dengan kemampuan tinggi mampu memilih strategi penyelesaian yang tepat pada setiap permasalahan soal tanpa memiliki kekeliruan. Sedangkan siswa dengan kemampuan sedang mampu memilih strategi penyelesaian yang tepat hanya pada soal non konseptual yakni permasalahan yang bersifat operasi hitung. Untuk soal yang bersifat konsep siswa dengan kemampuan sedang masih kesulitan dalam memilih strategi penyelesaian yang tepat. Kemudian untuk siswa dengan kemampuan rendah kurang mampu memilih strategi penyelesaian yang tepat pada setiap permasalahan soal. Siswa dengan kemampuan rendah masih terdapat banyak kesalahan dalam memilih strategi penyelesaian.

5. Kemampuan Evaluasi Penarikan Kesimpulan.

Kemampuan evaluasi penarikan kesimpulan merupakan indikator yang digunakan untuk mengetahui kemampuan siswa dalam memberikan kesimpulan dan mengklarifikasikan kesimpulan dengan baik (Faruq, 2014). Kemampuan evaluasi penarikan kesimpulan erat kaitannya dengan indikator kemampuan membuat dugaan konsep kunci yang menjembatani antara data dan tujuan. Oleh karena itu, siswa yang gagal dalam memilih strategi yang tepat maka gagal dalam memberikan kesimpulan yang tepat pula. Dari hasil penelitian dan analisis data menunjukkan bahwa kemampuan siswa berbeda-beda dalam memberikan kesimpulan. Siswa dengan kemampuan tinggi mampu memberikan kesimpulan pada setiap permasalahan soal tanpa memiliki kekeliruan. Sedangkan siswa dengan kemampuan sedang hanya mampu memberikan kesimpulan tepat pada soal non konseptual. Kemudian untuk siswa dengan kemampuan rendah tidak dapat memberikan kesimpulan yang tepat pada setiap permasalahan soal.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dan analisis dari kemampuan konstruksi bukti siswa dalam menyelesaikan masalah eksponen negatif dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dalam melakukan konstruksi bukti permasalahan eksponen negatif siswa dengan kemampuan tinggi seharusnya memiliki kemampuan dalam mengidentifikasi data pernyataan, mengidentifikasi tujuan pernyataan, mengaitkan data dan tujuan dengan aturan eksponen, membuat dugaan konsep kunci yang menjembatani antara data dengan tujuan pembuktian, dan mengevaluasi penarikan kesimpulan.
2. Dalam melakukan konstruksi bukti permasalahan eksponen negatif siswa dengan kemampuan sedang seharusnya memiliki kemampuan dalam mengidentifikasi data pernyataan, mengidentifikasi tujuan pernyataan, membuat dugaan konsep kunci yang menjembatani antara data dengan tujuan pembuktian, dan mengevaluasi penarikan kesimpulan. Namun

siswa dengan kemampuan sedang cenderung gagal dalam mengaitkan data dan tujuan pembuktian dengan aturan eksponen.

3. Dalam melakukan konstruksi bukti permasalahan eksponen negatif siswa dengan kemampuan rendah seharusnya memiliki kemampuan dalam mengidentifikasi data pernyataan dan mengidentifikasi tujuan pernyataan. Namun siswa dengan kemampuan rendah cenderung gagal dalam mengaitkan data dan tujuan pembuktian dengan aturan eksponen, membuat dugaan konsep kunci yang menjembatani antara data dengan tujuan, dan mengevaluasi penarikan kesimpulan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, K., & Linguistika, Y. (2012). Identifikasi Kesalahan Siswa Kelas X Pada Evaluasi Materi Sifat-Sifat Bilangan Berpangkat dengan Pangkat Bilangan Bulat di SMA Muhammadiyah 2 Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika FMIPA UNY: Kontribusi Pendidikan Matematika Dan Matematika Dalam Membangun Karakter Guru Dan Siswa*, 471–486.
- Angraini, P., & Prahmana, R. C. I. (2018). Analisis Kemampuan Pemahaman Matematis pada Materi Bentuk Pangkat, Akar, dan Logaritma di SMK. *Journal of Honai Math*, 1(1), 1–13.
- Balacheff, N. (2014). Bridging Knowing and Proving in Mathematics: A Didactical Perspective. *Explanation and Proof in Mathematics: Philosophical and Educational Perspectives*. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0576-5_9
- Faruq, A. (2014). *Analisis Struktur Argumentasi dan Kemampuan Mengkonstruksi Bukti Matematika Siswa Sekolah Menengah*. UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Fatmawati, N., Karim, G. S., & Wijayanti, D. (2019). Alternative in Providing Proof of Negative Exponent for Junior High School Students. *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*.
- Fuat, F., Nusantara, T., Irawan, E., & Irawati, S. (2019). Students' mathematical conviction in Mathematics proof. *Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/243/1/012133>
- Hadi, S. (2016). Kemampuan Mahasiswa Dalam Mengkonstruksi Bukti Bentuk Biimplikasi Ditinjau Dari Tingkat Kecemasan. *JIPMat*, 1(1).
- Jessica, C. (2019). *Analisi Konstruksi Bukti Siswa Kelas X Pada Materi Logaritma*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Mamik. (2015). *Metodologi Kualitatif (Pertama; N. Retnowati, Ed.)*. Surabaya: Zifatama.
- NCTM. (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston: National Council of Teachers of Mathematics (NCTM).
- Pinahayu, E. A. R. (2015). *Problematika pembelajaran matematika pada pokok bahasan eksponen dan alternatif pemecahannya*. 5(3), 182–191.
- Polya, G. (1973). How to solve it 2nd. New Jersey: Princeton University.

- Ramazan, A. (2010). *Eight Graders ' Capabilities In Exponents : Making Mental Comparisons*. 5(1), 39–48.
- Rukajat, A. (2018). *Pendekatan Penelitian Kualitatif (Qualitative Research Approach)*. Deepublish.
- Sentosa, C. A. H. F. (2013). Mengatasi kesulitan mahasiswa ketika melakukan pembuktian matematis formal. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 18(2), 152–160.
- Sumardiyono. (2018). Kemampuan Guru dalam Menyusun Bukti Matematis. *Indonesian Digital Journal of Mathematics and Education*, 5(8), 510–522. Retrieved from <http://idealmathedu.p4tkmatematika.org>
- Sumarmo, U. (2011). Advanced Mathematical Thinking dan Habit of Mind Mahasiswa (Bahan Kuliah). *PPS UPI Bandung: Tidak Diterbitkan*.
- Ulusoy, F. (2019). Serious Obstacles Hindering Middle School Students ' Understanding of Serious Obstacles Hindering Middle School Students ' Understanding of Integer Exponents. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 5(1), 52–69.