

SUATU KAJIAN KOGNITIF: BELAJAR BERPIKIR MATEMATIS MELALUI PENALARAN ABSTRAK

*Imam Kusmaryono, M.Pd
M. Abdul Basir, M.Pd*

Banyak orang mendefinisikan pengalaman yang sesuai untuk anak-anak sebagai hal "nyata dan langsung" dan membandingkannya dengan kegiatan kertas dan pensil (*paper and pencil*) yang abstrak. Tetapi perlu diingat bahwa semua pembelajaran penting untuk melibatkan pemikiran abstrak. Berbicara tentang penalaran abstrak tentu berhubungan erat dengan pengembangan kognitif. Para ahli mendefinisikan pengembangan kognitif sebagai proses memperoleh kemampuan berpikir dan pemikiran intelektual yang semakin maju dengan kemampuan untuk menggunakan pendekatan pemecahan masalah dalam situasi kehidupan dari awal sampai usia dewasa. Buku referensi ini menganalisa dan memberi interpretasi tingkat penalaran abstrak siswa, apakah telah memenuhi capaian perkembangan kognitif sesuai tingkatan kelas berdasar kriteria taksonomi SOLO. Semoga buku referensi ini dapat bermanfaat bagi para guru sebagai acuan mengelola pembelajaran matematika menuju capaian pembelajaran yang diinginkan (*intended learning outcomes*) sesuai tingkatan kelas dan sebagai referensi bagi para dosen dan peneliti dalam melakukan penelitian yang sejenis.

SA PRESS
Sultan Agung Press



Imam Kusmaryono, M.Pd
M. Abdul Basir, M.Pd

SUATU KAJIAN KOGNITIF:
BELAJAR BERPIKIR MATEMATIS
MELALUI PENALARAN ABSTRAK

SA PRESS
Sultan Agung Press

*Imam Kusmaryono, M.Pd.
M. Abdul Basir, M.Pd*

SUATU KAJIAN KOGNITIF: BELAJAR BERPIKIR MATEMATIS MELALUI PENALARAN ABSTRAK

UNISSULA PRESS

**SUATU KAJIAN KOGNITIF:
BELAJAR BERPIKIR MATEMATIS MELALUI
PENALARAN ABSTRAK**

Penulis:

**Imam Kusmaryono, M.Pd
M. Abdul Basir, M.Pd**

UNISSULA PRESS

SUATU KAJIAN KOGNITIF:

BELAJAR BERPIKIR MATEMATIS MELALUI PENALARAN ABSTRAK

Penulis: Imam Kusmaryono, M.Pd
M. Abdul Basir, M.Pd

Desain Cover: Amir Yusuf S.Pd.
Editor : Dyana Wijayanti, Ph.D

Semarang: Unissula Press, 2018.
viii + 84 halaman; 16 cm x 23 cm
ISBN: 978-602-0754-75-8
Cetakan Pertama, Desember 2018
Hak Cipta 2018, pada penulis

Penerbit: Unissula Press
Jl. Kaligawe Raya Km. 4 Semarang 50112
Telp. (024) 6583584 Fax. (024) 6582455
Dicetak oleh : Sultan Agung Press
Jl. Kaligawe Raya Km. 4 Semarang 50112
Telp. (024) 6583584 ext. 302. Fax. (024) 6582455

All Right Reserved

Isi diluar tanggung jawab percetakan

*Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari
Penulis*

PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Banyak orang mendefinisikan pengalaman yang sesuai untuk anak-anak sebagai hal "nyata dan langsung" dan membandingkannya dengan kegiatan kertas dan pensil (*paper and pencil*) yang abstrak. Tetapi perlu diingat bahwa semua pembelajaran penting untuk melibatkan pemikiran abstrak. Berbicara tentang penalaran abstrak tentu berhubungan erat dengan pengembangan kognitif. Para ahli mendefinisikan pengembangan kognitif sebagai proses memperoleh kemampuan berpikir dan pemikiran intelektual yang semakin maju dengan kemampuan untuk menggunakan pendekatan pemecahan masalah dalam situasi kehidupan dari awal sampai usia dewasa. Berdasarkan hal tersebut, dipandang perlu untuk melakukan analisis proses berpikir abstrak yang berfokus pada penalaran abstrak para siswa di setiap jenjang pendidikan sekolah.

Buku referensi ini disusun berdasarkan hasil penelitian dengan tujuan untuk menganalisa dan memberi interpretasi tingkat penalaran abstrak siswa, apakah telah memenuhi capaian perkembangan kognitif sesuai tingkatan kelas berdasar kriteria taksonomi SOLO. Semoga buku referensi ini dapat bermanfaat bagi para guru sebagai acuan mengelola pembelajaran matematika menuju capaian pembelajaran yang diinginkan (*intended learning outcomes*) sesuai tingkatan kelas dan sebagai referensi bagi para dosen dan peneliti dalam melakukan penelitian yang sejenis.

Tak lupa kami ucapkan terima kasih kepada pihak Universitas Islam Sultan Agung (Unissula) atas bantuan dana penelitian yang diberikan dan pihak LPPM Unissula yang membantu mewujudkan terwujudnya buku referensi ini.

Wassalamu'alaiku Wr.Wb.

Semarang, Desember 2018

Penulis

Imam Kusmaryono, M.Pd

M. Abdul Basir, M.Pd

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Balik Judul	ii
Prakata	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Pengertian Berpikir dan Berpikir Matematis.....	1
1.2 Kognisi dan Proses Kognitif	3
1.3 Permasalahan Penalaran	9
BAB II KERANGKA DASAR PENALARAN ABSTRAK	12
2.1 Belajar Melalui Berpikir Abstrak.....	12
2.2 Mengapa Penalaran Abstrak dibutuhkan siswa di Sekolah?	17
2.3 Penalaran Abstrak dalam Tes Kecerdasan	21
2.4 Konstruksi Pengetahuan Abstrak dalam Konteks Matematika.....	24
BAB III PENGEMBANGAN PENALARAN ABSTRAK	29
3.1 Penalaran Abstrak.....	29
3.2 Pengembangan Penalaran Abstrak	31

3.3	Metakognisi dan Penalaran.....	35
3.4	Interaksi Sosial Dalam Membangun Proses.....	42
3.5	Prinsip-prinsip Vygotskian pada <i>ZPD</i> dan <i>Scaffolding</i>	44
3.6	Perkembangan Kognitif Menurut Piaget.....	49
3.7	<i>The SOLO Taxonomy</i>	52
 BAB IV KERANGKA KERJA PEMECAHAN MASALAH		56
4.1	Metode Pemecahan masalah.....	56
4.2	Analisis Data	59
4.3	Teknik Keabsahan Data.....	60
4.4	Kerangka Kerja Pemecahan Masalah	61
 BAB V ANALISIS PENALARAN ABSTRAK		62
5.1	Respon Jawaban Penalaran Siswa	62
5.2	Penalaran Abstrak pada Level Kognitif Bawah....	63
5.3	Penalaran Abstrak pada Level Kognitif Tengah...	66
5.4	Penalaran Abstrak pada Level Kognitif Atas	70
5.5	Analisa Perkembangan Kognitif (Penalaran) Siswa	76
 BAB VI PENUTUP		79
6.1	Tingkat Penalaran Abstrak Siswa	79
6.2	Keterbatasan Penelitian	82

6.3	Saran	83
6.4	Pernyataan Penutup	84
	DAFTAR PUSTAKA	85
	GLOSARIUM	95
	INDEKS	98
	BIOGRAFI PENULIS	99

DAFTAR TABEL

Table 1	Instrumen tes untuk mengukur penalaran abstrak	57
Tabel 2	Pencapaian respon jawaban siswa pada tes penalaran abstrak berpandu taksonomi SOLO	62
Tabel 3	Kemampuan Penalaran Abstrak Siswa....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Zona of Proximal Development.....	46
Gambar 2.	Bigg's SOLO Taxonomy: Learning Outcomes Assessment	55
Gambar 3.	Komponen Analisis Data (Model Interaktif)	60
Gambar 4.	Kerangka Pemecahan Masalah	61
Gambar 5.	Respon jawaban siswa kelompok Bawah	64
Gambar 6.	Respon jawaban siswa kelompok Tengah	67
Gambar 7.	Respon jawaban siswa kelompok Atas	71

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengertian Berpikir dan Berpikir Matematis

Berpikir merupakan suatu kegiatan mental yang melibatkan kerja otak (Nickerson & Masarik, 2010). Selama individu berpikir, dengan melibatkan kerja otak di dalam pikirannya terjadi kontradiksi, hubungan antar pengetahuannya dan untuk menemukan pemecahan masalah yang sedang dihadapi. Proses pemecahan masalah itu disebut proses berpikir (Ferri, 2012; Rahman & Saleh Ahmar, 2016; Tall, 2008). Di dalam pembelajaran matematika, proses berpikir siswa dapat dilihat dari cara siswa mengerjakan sesuatu melalui representasi (perilaku) berpikir matematis yang digunakan (Binod Nepal, 2016). Jadi, berpikir matematis siswa dapat dikembangkan melalui pembelajaran matematika.

Sebagian besar peneliti dan matematikawan (diantaranya: Burton, 1984; Tall, 1991; Schoenfeld, 1992; Karadag, 2009) mendefinisikan berpikir matematis sebagai proses mental, yang berisi setidaknya satu dari kegiatan yang berhubungan dengan matematika seperti penalaran, pengabstrakan (abstraksi), menduga, merepresentasikan, memvisualisasikan, menganalisis, mensintesis, menghubungkan, generalisasi, dan pembuktian (Binod Nepal, 2016). Dimana, proses berpikir matematis

merupakan proses inti dari aktivitas matematika (*doing math*) dalam usaha menerapkan langkah-langkah berpikir secara umum (Sumarmo, Hidayat, Zukarnaen, Hamidah, & Sariningsih, 2012).

Berpikir matematis tidak hanya penting untuk memecahkan masalah matematika dan untuk belajar matematika tetapi juga penting untuk pembelajaran matematika. Di dalam pembelajaran matematika untuk dapat memberi kesempatan siswa berpikir matematis, sangat dibutuhkan kemampuan berpikir matematis dari seorang guru melalui pertanyaan-pertanyaan pemecahan masalah. Jika siswa menjadi pemikir matematika yang baik, berarti siswa telah memiliki pemahaman tentang komponen berpikir matematis dan dapat menggunakan kemampuan ini secara independen untuk memahami matematika yang mereka pelajari (Mason, J., Burton, L., & Stacey, 2012).

Keterkaitan penalaran dan berpikir, sebagaimana dijelaskan oleh Sternberg (dalam Basir, 2015) bahwa dalam penalaran matematis dibutuhkan kemampuan-kemampuan berpikir logik, praktis, kreatif, serta analitik. Berpikir logik diartikan sebagai berpikir mengikuti pola atau logika tertentu; dimana proses berpikir bersifat analitis.

Pembelajaran tentang keterampilan berpikir merupakan aspek strategis dalam meningkatkan kualitas pembelajaran yang berorientasi pada pencapaian hasil yang terstandar dengan mensyaratkan adanya campur tangan guru. Teori Vygotsky

menyatakan, pendidik (guru) harus membantu siswa terlibat dalam pemikiran tingkat yang kompleks atau lebih tinggi melalui bantuan terstruktur telah semakin diterima dalam dekade terakhir ini (Liu & Matthews, 2005). Sejalan dengan itu, Marpaung mengatakan bahwa tugas pokok pendidikan matematika adalah memperjelas proses berpikir siswa dalam mempelajari matematika dan bagaimana pengetahuan matematika itu diinterpretasikan dalam pikiran (Rizal, Budayasa, Lukito, & Siswono, 2012).

1.2 Kognisi dan Proses Kognitif

Apa itu kognisi? Kata kognisi berasal dari bahasa Latin *cognoscere*, yang berarti "tahu". Ketika kita berbicara tentang kognisi, kita biasanya mengacu pada segala sesuatu yang berhubungan dengan pengetahuan. Dengan kata lain, akumulasi informasi (pengetahuan) yang kita peroleh melalui pembelajaran atau pengalaman (Shatil, 2013).

Definisi kognisi yang paling diterima adalah kemampuan untuk memproses informasi melalui persepsi (rangsangan yang kami terima melalui indera yang berbeda), pengetahuan yang diperoleh melalui pengalaman, dan karakteristik subjektif yang memungkinkan untuk mengintegrasikan semua informasi ini untuk mengevaluasi dan menafsirkan dunia kita. Dengan kata lain, Kognisi adalah tindakan atau proses mengumpulkan pengetahuan

(melalui persepsi, pengalaman, keyakinan, ...) dan kemudian mengingatnya ketika diperlukan (Brandimonte, Bruno, & Collina, 2006). Kognisi adalah kemampuan yang kita miliki untuk mengasimilasi dan memproses informasi yang kita terima dari sumber yang berbeda untuk mengubahnya menjadi pengetahuan (Shatil, 2013). Kognisi termasuk proses kognitif yang berbeda seperti belajar, perhatian, memori, bahasa, alasan, pengambilan keputusan, dll, yang merupakan bagian dari perkembangan dan pengalaman intelektual kita.

Ilmu kognitif adalah ilmu yang berhubungan dengan proses kognisi dan yang mendasari dalam proses algoritma (Lauenroth, Ioannidis, & Teichmann, 2016). Ini dapat dianggap sebagai psikologi tetapi berkaitan dengan memori dan reproduksi memori. Tujuannya adalah untuk mempelajari bagaimana otak kita mampu memberikan kognisi dan menerapkan prinsip dan metode tersebut untuk mengembangkan sistem kecerdasan.

Disiplin yang berbeda telah mempelajari kognisi, seperti neurologi, psikologi, antropologi, filsafat, dan bahkan ilmu informasi. Namun, psikologi kognitif yang mulai melihat bagaimana proses informasi mempengaruhi perilaku dan apa hubungan proses mental yang berbeda dalam perolehan pengetahuan. Psikologi kognitif muncul pada akhir 1950-an sebagai oposisi terhadap behaviorisme umum saat itu. Penulis seperti Piaget dan Vigotsky merevolusi secara ilmiah dengan teori

mereka tentang perkembangan dan pembelajaran kognitif, yang masih relevan saat ini. Dimulai pada tahun 60an, minat dalam kognisi dan keterampilan kognitif tumbuh secara eksponensial, dan penelitian yang dihasilkannya memungkinkan kita untuk mempelajari lebih lanjut tentang proses-proses ini.

Apa itu proses kognitif? Kita dapat memahami proses kognitif sebagai prosedur yang kita gunakan untuk menggabungkan pengetahuan baru dan membuat keputusan berdasarkan pengetahuan tersebut (Lauenroth et al., 2016). Fungsi kognitif yang berbeda memainkan peran dalam proses-proses ini: persepsi, perhatian, memori, penalaran, bahasa, belajar dan sebagainya. Masing-masing fungsi kognitif ini bekerja sama untuk mengintegrasikan pengetahuan baru dan menciptakan interpretasi dunia di sekitar kita.

Persepsi sebagai proses kognitif: Persepsi adalah fungsi kognitif memungkinkan kita untuk mengatur dan memahami dunia melalui rangsangan yang kita terima dari indra yang berbeda, seperti penglihatan, pendengaran, rasa, bau, dan sentuhan. Sementara kebanyakan orang akrab dengan indra umum, ada beberapa indera lain yang kurang dikenal, seperti *propioception* (rangsangan yang secara tidak sadar merasakan posisi kita dalam ruang dan menilai orientasi spasial) dan *interoception* (yang merupakan persepsi organ kita di tubuh kita. Itulah yang memungkinkan kita mengetahui kapan kita lapar atau

haus). Begitu rangsangan diterima, otak kita mengintegrasikan semua informasi, menciptakan memori baru (Lauenroth et al., 2016).

Perhatian sebagai proses kognitif: Perhatian adalah proses kognitif yang memungkinkan kita untuk berkonsentrasi pada rangsangan atau aktivitas untuk mengolahnya lebih teliti nantinya. Perhatian adalah fungsi kognitif yang mendasar untuk pengembangan situasi sehari-hari, dan itu digunakan dalam sebagian besar tugas yang kita lakukan sehari-hari. Bahkan, telah dianggap sebagai mekanisme yang mengontrol dan mengatur sisa proses kognitif: dari persepsi (kita perlu perhatian untuk dapat memperhatikan rangsangan yang tidak mencapai indera kita) untuk belajar dan penalaran yang kompleks (Lauenroth et al., 2016).

Memori sebagai proses kognitif: Memori (ingatan) adalah fungsi kognitif yang memungkinkan kita untuk mengkodekan, menyimpan, dan memulihkan informasi dari masa lalu. Ingatan adalah proses dasar untuk belajar, karena itulah yang memungkinkan kita untuk menciptakan rasa identitas (Lauenroth et al., 2016).

Ada banyak jenis memori, seperti memori jangka pendek, yang merupakan kemampuan untuk menyimpan informasi untuk jangka waktu singkat (ingat nomor telepon sampai kita dapat menuliskannya di atas kertas), dan memori jangka panjang, yang

semuanya kenangan yang kita simpan untuk waktu yang lama. Memori jangka panjang dapat dipecah menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil, memori deklaratif dan memori prosedural. Memori deklaratif terdiri dari pengetahuan yang diperoleh melalui bahasa dan pendidikan (seperti mengetahui bahwa Perang Dunia II berakhir pada 1945), serta pengetahuan yang dipelajari melalui pengalaman pribadi (mengingat apa yang nenek lakukan untuk saya). Memori prosedural mengacu pada belajar meskipun rutinitas (belajar cara mengemudi atau naik sepeda).

Berpikir (bernalarnya) sebagai proses kognitif: berpikir atau bernalar adalah dasar untuk semua proses kognitif. Ini memungkinkan kita untuk mengintegrasikan semua informasi yang kita terima dan membangun hubungan antara peristiwa dan pengetahuan. Untuk melakukan ini, menggunakan penalaran, sintesis, dan pemecahan masalah (fungsi eksekutif) (Lauenroth et al., 2016; Shatil, 2013).

Bahasa sebagai proses kognitif: Bahasa adalah kemampuan untuk mengekspresikan pikiran dan perasaan kita melalui kata-kata yang diucapkan. Ini adalah alat yang kita gunakan untuk berkomunikasi dan mengatur dan mengirimkan informasi yang kita miliki tentang diri kita dan dunia. Bahasa dan pemikiran dikembangkan bersama dan terkait erat, mereka saling

mempengaruhi satu sama lain (Lauenroth et al., 2016; Shatil, 2013).

Belajar sebagai proses kognitif: Belajar adalah proses kognitif yang kita gunakan untuk memasukkan informasi baru ke dalam pengetahuan kita sebelumnya (Lauenroth et al., 2016; Shatil, 2013). Belajar termasuk hal-hal yang beragam seperti perilaku atau kebiasaan, seperti menyikat gigi atau belajar berjalan, dan pengetahuan yang kita pelajari melalui sosialisasi. Piaget dan penulis lain telah berbicara tentang pembelajaran kognitif sebagai proses informasi yang memasuki sistem kognitif kita dan mengubahnya.

Proses kognitif dapat terjadi secara alami atau artifisial, atau secara sadar atau tidak sadar, tetapi biasanya terjadi dengan cepat, mereka bekerja secara konstan dan tanpa kita sadari (Lauenroth et al., 2016). Sebagai contoh, ketika kita berjalan di jalan raya dan kita melihat lampu lalu lintas berubah merah, kita memulai proses kognitif yang memberitahu kita untuk membuat keputusan (menyeberang atau tidak menyeberang). Hal pertama yang kita lakukan adalah memfokuskan perhatian kita pada lampu lalu lintas, melalui penglihatan kita dapat melihat bahwa itu merah. Hanya dalam hitungan milidetik, kita ingat dari ingatan kita bahwa ketika lampu merah menyala merah kita seharusnya menyeberang atau tidak; tetapi kita juga ingat bahwa, kadang-kadang, jika tidak ada mobil maka kita bisa menyeberang. Ini

mungkin di mana kita membuat keputusan pertama: menunggu sampai lampu berubah menjadi merah, atau melihat ke kanan dan ke kiri (mengalihkan perhatian lagi) untuk melihat apakah ada mobil yang datang.

Kognisi bukan sekadar proses, tetapi proses "mental", kognisi memang mengacu pada proses mental di mana eksternal atau input internal diubah, dikurangi, diuraikan, disimpan, dipulihkan, dan digunakan (Collell & Fauquet. 2015). Dengan demikian, ini melibatkan berbagai fungsi seperti persepsi, perhatian, pengkodean memori, retensi, dan penarikan, pengambilan keputusan, penalaran, pemecahan masalah, pencitraan, perencanaan dan pelaksanaan tindakan.

Proses mental semacam itu melibatkan penggunaan representasi internal ke berbagai tingkatan, dan dapat beroperasi secara mandiri (atau tidak) pada berbagai tahap pemrosesan informasi. Selanjutnya, proses-proses ini bisa untuk beberapa orang sejauh mana diamati atau setidaknya secara empiris diselidiki, yang mengarah ke penyelidikan ilmiah dengan metode yang mirip dengan ilmu-ilmu alam.

1.3 Permasalahan Penalaran

Permasalahan tentang rendahnya tingkat penalaran siswa menjadi topik penelitian yang menarik untuk dibahas. Hal ini mengingat bahwa kemampuan penalaran merupakan salah satu kompetensi yang harus dicapai dan dimiliki oleh setiap peserta

didik (siswa), utamanya dalam pembelajaran matematika. Sementara itu, beberapa hasil penelitian yang telah ada yaitu tentang penalaran hanya mendeskripsikan profil kemampuan penalaran siswa (Fauziah & Mariani, 2017; Yumiati & Noviyanti, 2017). Pada buku ini, pembahasan tentang penalaran disajikan secara jelas, respon jawaban siswa dianalisis dan dievaluasi dengan berpanduan taksonomi *Structure of the Observed Learning Outcomes* (SOLO) sehingga dapat dikategorikan ke dalam salah satu capaian tingkatan SOLO, dan capaian kemampuan penalaran siswa dikategorikan dalam siklus belajar (fase) pemahaman kuantitatif dan kualitatif (Goff, Potter, & Pierre, 2014).

Buku ini disusun berdasar hasil-hasil penelitian yang mana artikel hasil penelitian telah dipublikasikan melalui seminar dan jurnal ilmiah, diantaranya (1) *Developing Assessment Instrument as a Mathematical Power Measurement* (Kusmaryono et al., 2018), (2) *Analysis of Incorrect Answers in Mathematical Power Test Based on SOLO Taxonomy* (Kusmaryono, Suyitno, Dwijanto, & Dwidayati, 2018), (3) *Analysis of Abstract Reasoning from Grade 8 Students in Mathematical problem Solving With SOLO Taxonomy Guide* (Kusmaryono, Suyitno, Dwijanto, & Dwidayati, 2018), dan (4) *Reasoning Ability Students in Mathematics Problems Solving Viewed from Cognitive Style* (Basir & Maharani, 2016).

Pembahasan pada buku ini lebih difokuskan untuk menganalisa respon jawaban siswa dalam memecahkan masalah

penalaran abstrak dan memberi interpretasi tingkat penalaran abstrak siswa, apakah telah memenuhi capaian perkembangan kognitif yang diinginkan sesuai tingkatan kelas dengan berpedu kriteria taksonomi SOLO dan dikategorikan dalam siklus belajar (fase) kuantitatif dan kualitatif. Kita ingin tahu lebih jauh tentang bagaimana anak-anak (siswa) mampu memperoleh representasi abstrak yang melampaui pengalaman mereka, hanya dengan berpikir.

BAB II

KERANGKA DASAR PENALARAN ABSTRAK

2.1 Belajar Melalui Berpikir Abstrak

Matematika merupakan cara dan alat berpikir. Sedangkan, proses belajar matematika pada dasarnya merupakan suatu proses mental dimana siswa dilatih berpikir secara matematis dan memperoleh pengetahuan, keterampilan dan pembentukan sikap (Panjaitan, 2015). Proses berpikir matematis merupakan proses inti dari aktivitas matematika dalam usaha menerapkan langkah-langkah berpikir secara umum (Purnomo, 2015).

Proses belajar matematika dipandang sebagai proses aktif untuk memperoleh pengetahuan. Sebuah proses dengan peran guru adalah untuk membantu siswa memperoleh pengetahuan baru dan merestrukturisasi pengetahuan lama dan sebagainya, bukan sebagai proses di mana siswa secara pasif mengadopsi konten matematis tertentu dan memperoleh pengetahuan menyeluruh. (Kusmaryono, Suyitno, Dwijanto, & Dwidayati, 2018). Memperhatikan proses aktif ini, sudah tentu kemampuan berpikir matematis merupakan suatu aktivitas dinamis dan komprehensif yang mencakup *doing mathematics*. Oleh karena itu, berpikir matematis tentu memberdayakan daya matematika (*mathematical power*) (Kusmaryono et al., 2018).

Kemampuan berpikir abstrak dalam pembelajaran matematika sangat penting bagi perkembangan berpikir matematis. Sedangkan Objek kajian dalam pembelajaran Matematika adalah bersifat abstrak, yaitu fakta, konsep, prinsip, dan skill. Oleh karena itu untuk belajar memahaminya diperlukan kemampuan penalaran (berpikir abstrak). Inilah salah satu faktor yang menjadikan anak-anak memiliki resiko mengalami kesulitan belajar matematika. Literatur penelitian menunjukkan bahwa anak-anak dengan kesulitan belajar matematika memiliki masalah yang signifikan dalam keterampilan berhitung awal dan aritmatika dasar. Mereka masih belajar dalam tahap berpikir konkret, sedangkan perpindahan dari proses berpikir konkret menuju berpikir abstrak memerlukan proses yang panjang (Aunio & Räsänen, 2015).

Abstraksi adalah proses membangun pengetahuan matematika yang berkelanjutan dari konkrit ke abstrak (Mitchelmore & White, 2007). Abstraksi merupakan proses mendasar baik dalam matematika maupun dalam pendidikan matematika (Gray & Tall, 2007). Abstraksi adalah proses alami dengan kesadaran penuh saat pikiran berfokus pada beberapa aspek keadaan untuk membuat keputusan dan proses membuat situasi seperti itu dengan menemukan makna baru untuk membangun interkoneksi dalam elemen yang berbeda dari keseluruhan (Gray & Tall, 2007; Mitchelmore & White, 2007).

Namun, kemajuan teoritis menarik pada kelompok Bayesian tentang "abstraksi" dikombinasikan dengan penelitian empiris pada pembelajaran awal menunjukkan bahwa kemampuan anak-anak untuk belajar prinsip-prinsip abstrak tidak selalu tergantung pada pengalaman sebelumnya yang luas (Gopnik & Wallman, 2013). Pada khususnya, penerapan model hierarkis Bayesian telah menyediakan metode untuk belajar di berbagai tingkat abstraksi secara bersamaan (misalnya, Tenenbaum, Griffiths, & Kemp, 2006). Sebagai hasilnya, pembelajaran abstrak tidak perlu kemajuan dengan cara *bottom-up*. Bahkan, analisis komputasional menunjukkan bahwa seorang pembelajar yang mampu belajar secara bersamaan pengetahuan abstrak dan spesifik adalah hampir seefisien orang yang dilengkapi dengan teori bawaan. Kemampuan belajar hubungan abstrak dan spesifik bersama-sama membantu menjelaskan bagaimana anak-anak memperoleh sejumlah pengetahuan kausal yang mengesankan dalam teori intuitif awal mereka tentang dunia (California State Board of Education, 1997)..

Beberapa indikator kemampuan berpikir abstrak adalah: (1) kemampuan untuk mengubah masalah menjadi bentuk simbolis; (2) kemampuan untuk membangun persamaan; (3) kemampuan untuk menyatakan hubungan antara konsep bentuk geometri dan persamaan linear; (4) kemampuan untuk membuat generalisasi; dan (5) kemampuan untuk membuat persamaan

sesuai dengan situasi yang diberikan (California State Board of Education, 1997). Guru memiliki peran penting dalam proses pembelajaran menuju peningkatan kemampuan berpikir abstrak sesuai tingkatan kelas. Agar pembelajaran yang dikelola guru menjadi bermakna dengan tujuan tersebut, guru harus dapat mengajar siswa dengan beragam model atau pendekatan pembelajaran. Karakteristik yang efektif dari guru adalah kesadaran guru dalam manajemen kelas atau berhasil di semua bagian pengajaran, modelling dan antusias, dan memiliki harapan tinggi.

Matematika telah mengidentifikasi lima standar proses dimana anak-anak (siswa) belajar matematika dengan melakukan matematika untuk memasukkan pemecahan masalah, penalaran dan bukti, representasi, komunikasi, dan koneksi (NCTM, 2000a). Standar-standar ini adalah cara untuk berpikir tentang bagaimana anak-anak harus terlibat dalam mempelajari isi matematika ketika mereka mengembangkan kelancaran prosedural dan pemahaman konseptual.

Anak-anak yang terlibat dalam proses pemecahan masalah menciptakan pengetahuan dan pemahaman matematika dengan menangani dan menyelesaikan masalah-masalah otentik ketika menghadapi latihan matematika biasa. Mereka mengadopsi penalaran dan bukti untuk membuat makna dari tugas dan konsep matematika serta untuk mengolah, mempertahankan,

menilai argumen dan solusi matematika. Anak-anak membangun dan merepresentasikan pengetahuannya melalui diagram, grafik, simbol, gambar, dan manipulatif untuk memikirkan masalah matematika. Mereka juga terlibat dalam komunikasi ketika mereka menjelaskan ide-ide mereka dan berpikir secara lisan, tertulis, dan melalui ilustrasi.

Anak-anak tidak hanya berevolusi dan membuat koneksi antara ide-ide matematika ketika mereka memperoleh konsep dan prosedur matematika baru tetapi juga membangun hubungan antara matematika dan disiplin lain dengan menghubungkan matematika dengan situasi dunia nyata. Hal ini karena keterampilan matematika dapat membuka pintu untuk banyak pilihan karir di universitas dan akuisisi berikutnya dapat menyebabkan pemberdayaan fungsional warga negara dengan vitalitas ekonomi yang tinggi dan kesuksesan social (NRC, 2001).

Menurut para ahli, pembelajaran yang didasarkan pada pemecahan masalah dapat berkontribusi pada aktivitas berpikir siswa yang lebih besar, yang pada gilirannya menunjukkan aktivitas yang lebih besar selama di kelas. Siswa berpikir secara matematis ketika mereka menjelaskan pemikiran mereka, mencapai kesimpulan dan membenarkan strategi yang digunakan serta menjelaskan keputusan pilihan mereka. Ada dua pertanyaan sulit yang terkait dengan penalaran. Salah satunya adalah 'Bagaimana kita mengajar siswa untuk berpikir secara

matematis?' Yang kedua adalah 'Bagaimana kita mengajar siswa untuk mengomunikasikan penalaran matematika mereka?'

Belajar matematika dengan pemahaman yang bermakna adalah tujuan penting dari pengajaran matematika di sekolah (NCTM, 2000; NRC, 2001). Hasil-hasil penelitian telah menunjukkan bahwa mengasah kemampuan matematika mengharuskan siswa belajar matematika dengan pemahaman (National Research Council [NRC], 2001). Kemampuan matematis digunakan untuk menangkap apa artinya belajar matematika dengan sukses. Ini adalah indikator bahwa seseorang memahami (dan dapat melakukan) matematika. Sedangkan kemahiran matematis adalah kualitas yang terampil dan menunjukkan keahlian, kompetensi, pengetahuan, keyakinan, dan fasilitas dalam mengerjakan matematika dan menjadi pemecah masalah yang mahir dengan disposisi produktif yang tinggi (National Research Council [NRC], 2001).

2.2 Mengapa Penalaran Abstrak dibutuhkan siswa di Sekolah?

Anak-anak bergerak dari pemikiran konkret ke pemikiran abstrak ketika mereka mulai mengalami dunia mereka. Ketika mereka memperoleh lebih banyak konsep, mereka dapat secara mental menyortir konsep-konsep ini dan mengidentifikasi persamaan dan perbedaan. Mereka menjadi lebih mampu

memprediksi bagaimana situasi baru dapat berkembang (Loftin, M., 2018).

Ada banyak penelitian yang menunjukkan bahwa beberapa keterampilan berpikir abstrak ini tidak akan berkembang begitu saja sebagai hasil dari pengalaman. Kemampuan kognitif akan menetapkan beberapa batasan yang lebih luas untuk pengembangan pemikiran abstrak. Anak-anak dengan keterbatasan kognitif akan mengalami lebih banyak kesulitan dalam mengembangkan keterampilan dalam pemikiran abstrak. Beberapa anak dengan keterbatasan kognitif tidak akan pernah mengembangkan keterampilan yang konsisten dalam penalaran abstrak; mereka akan selalu membutuhkan dukungan tambahan. Anak-anak dengan kemampuan kognitif superior akan mengembangkan keterampilan berpikir abstrak ini pada usia lebih dini dan ke tingkat yang lebih tinggi (Loftin, M., 2018).

Berpikir abstrak adalah kemampuan untuk memproses ide-ide yang melibatkan ide-ide berbasis visual atau bahasa yang kompleks yang tidak mudah dikaitkan dengan ide-ide konkret (Gray & Tall, 2007). Gagasan abstrak seringkali tidak terlihat, rumit dan subyektif, dibandingkan dengan gagasan konkret yang biasanya terlihat dan obyektif (McLeod, 2015). Misalnya, keadilan adalah konsep abstrak, sementara seorang guru matematika adalah ide konkret.

Keterampilan berpikir abstrak penting dalam studi mata pelajaran seperti matematika terapan, sains, dan studi sosial. Berpikir abstrak sangat penting pada tingkat pemikiran yang lebih tinggi. Jika seorang anak (siswa) didiagnosis dengan ketidakmampuan belajar dan juga kesulitan memahami dalam tugas belajar, ia mungkin memiliki kelemahan di bidang penalaran abstrak.

Tugas penalaran abstrak mencakup kemampuan untuk memahami subjek pada tingkat yang kompleks melalui analisis dan evaluasi serta kemampuan menerapkan pengetahuan dalam memecahkan masalah menggunakan teori, metafora, atau analogi kompleks (Markovits, Thompson, & Brisson, 2015). Menurut Markovits, Thompson, dan Brisson, (2015) kemampuan untuk memahami hubungan antara ide-ide verbal dan non-verbal juga merupakan bagian dari penalaran abstrak. Misalnya, menggunakan statistik untuk memprediksi hasil pemilu adalah contoh penalaran abstrak yang diterapkan pada masalah dunia nyata. Para siswa di kelas matematika dapat mengerjakan soal-soal semacam itu, terlebih lagi seiring bertambahnya usia dan menguasai dasar-dasar matematika.

Masalah abstrak seringkali visual dan biasanya tidak melibatkan gagasan sosial. Contohnya adalah memprediksi apa yang terjadi selanjutnya dalam urutan bentuk dengan mengenali ada pola dan hubungan. Penalaran abstrak biasanya dinilai

sebagai bagian dari pengujian kecerdasan. Kemampuan penalaran ini penting karena memungkinkan siswa untuk menerapkan apa yang mereka pelajari dengan cara yang kompleks.

Standar isi pendidikan dasar dan menengah kurikulum 2013 menekankan keterampilan penalaran. Sementara keterampilan menghafal (memori) oleh para pendidik semakin tidak menyukai strategi seperti itu. Banyak siswa dengan ketidakmampuan belajar kognitif dan gangguan lainnya memiliki kelemahan dalam penalaran abstrak dan dapat mengambil manfaat dari pengajaran langsung dalam keterampilan pemecahan masalah. Mereka juga dapat mengambil manfaat dari terapi bahasa untuk membantu mereka belajar menggunakan bahasa untuk memahami dan memecahkan masalah. Jika kita (guru) mencurigai bahwa anak (siswa) memiliki ketidakmampuan belajar karena dia mengalami kesulitan dalam bidang penalaran, maka jangan menunda untuk menilai kemungkinan gangguannya. Intervensi awal adalah kunci untuk membantu anak-anak dengan ketidakmampuan belajar guna melanjutkan kemajuan akademik mereka. Jika ditemukan siswa memiliki gangguan belajar, guru mungkin harus bekerja lebih keras untuk terlibat dalam penalaran abstrak, dan menggunakan keterampilan yang terlibat dalam penalaran tersebut, baik itu pemecahan masalah atau memahami bagaimana ide-ide terhubung .

2.3 Penalaran Abstrak dalam Tes Kecerdasan

Dalam pengujian *intelligence quotient* (IQ), konsep abstrak dianggap oleh beberapa orang kurang bias dibandingkan konsep berbasis bahasa. Namun, anak-anak yang telah terbiasa dengan mainan yang membangun keterampilan penalaran abstrak, seperti balok, mainan *tinker*, mainan geometris atau mainan bangunan lainnya dan mainan pemecahan masalah dapat meningkatkan kemampuan penalaran abstrak mereka. Mainan seperti itu biasanya tidak terasa seperti pekerjaan untuk anak-anak tetapi seperti hiburan. Orang dewasa juga dapat menggunakan mainan seperti itu dengan anak-anak mereka untuk mengikat dan menyempurnakan keterampilan penalaran abstrak anak-anak mereka.

Kecerdasan verbal adalah kemampuan untuk menganalisis informasi dan menyelesaikan masalah menggunakan penalaran berbasis bahasa (Delgado. L.C., and Kobayashi.T., 2011). Penalaran berbasis bahasa mungkin melibatkan membaca atau mendengarkan kata-kata, bercakap-cakap, menulis, atau bahkan berpikir. Dari pembelajaran di kelas hingga komunikasi sosial seperti, WhatsApp (WA), SMS dan email, dunia modern kita dibangun dengan mendengarkan atau membaca kata-kata untuk makna dan mengekspresikan pengetahuan melalui bahasa lisan.

Tugas verbal adalah pekerjaan yang kita lakukan dengan melibatkan, memanipulasi, atau menggunakan kata-kata (Seth Duncan & Lisa Feldman Barrett, 2007) Tugas verbal dapat melibatkan ide-ide konkret atau abstrak. Mereka juga mungkin melibatkan penalaran berbasis bahasa yang diinternalisasi atau dikenal sebagai *self-talk*. Tugas verbal melibatkan keterampilan seperti: (1) mendengar serta mengingat tentang informasi yang diucapkan; (2) memahami arti dari informasi tertulis dan atau lisan; (3) memecahkan permasalahan yang berbasis bahasa (sastra), logis, atau sosial; (4) memahami hubungan antara konsep bahasa dan melakukan perbandingan atau analogi bahasa; dan (5) melakukan analisis berbasis bahasa yang kompleks (Markovits, Thompson, & Brisson, 2015).

Pendidikan anak usia dini sering dibangun berdasarkan penalaran non-verbal karena anak-anak yang sangat muda mengembangkan keterampilan berbicara dan bahasa pada tingkat yang berbeda. Anak-anak prasekolah dapat menghabiskan sebagian besar jam sekolah mereka untuk kegiatan-kegiatan seperti melukis, menyanyi, gerakan, bermain di luar ruangan, dan kerajinan tangan - semua kegiatan yang dapat diselesaikan dengan sedikit instruksi atau respons lisan.

Namun, begitu saat anak-anak bersekolah, kecerdasan verbal menjadi semakin penting. Bahkan anak-anak TK dan anak-anak kelas satu diminta untuk mendengarkan dan mengikuti

instruksi lisan. Anak yang mendengar dan mengerti hanya sebagian dari instruksi mungkin tidak dapat mengikuti kelompok lainnya. Pada saat yang sama, anak-anak diminta untuk menjawab pertanyaan secara verbal, dan mereka mulai menggunakan (atau setidaknya mendiktekan) bahasa tertulis.

Penalaran verbal menjadi semakin penting dalam pekerjaan sekolah ketika anak-anak bertambah dewasa dan lebih banyak menggunakan buku, video, dan percakapan di dalam kelas. Pada saat seorang anak mencapai sekolah menengah pertama dan sekolah menengah atas, sebagian besar pekerjaan sekolah membutuhkan tingkat kecerdasan verbal yang tinggi. Tugas membaca dan seni bahasa membutuhkan keterampilan penalaran verbal. Bahkan mata pelajaran yang lebih abstrak seperti matematika dan fisika membutuhkan keterampilan penalaran verbal, karena sebagian besar konsep diperkenalkan secara lisan oleh guru atau diperkenalkan dalam bentuk tertulis dalam buku teks.

Di perguruan tinggi dan di tempat kerja, kecerdasan verbal merupakan pusat pengajaran dan pelatihan. Ini adalah pekerjaan langka yang tidak melibatkan semacam lisensi atau ujian berbasis bahasa, dan sebagian besar pekerjaan melibatkan setidaknya beberapa instruksi lisan. Penalaran verbal biasanya dinilai dalam penilaian intelektual IQ penuh. Namun penting untuk diingat bahwa kecerdasan verbal tidak identik dengan IQ (McLeod, 2015).

Penalaran verbal dasar juga dapat dievaluasi melalui tes kecerdasan singkat dan, pengamatan, serta penilaian bahasa. Ketika penalaran verbal lambat berkembang, remediasi dapat mencakup terapi wicara, dukungan membaca, dan program seni bahasa khusus.

Penting juga untuk dicatat bahwa seseorang mungkin mengalami kesulitan dengan bahasa lisan sebagai akibat dari banyak gangguan yang tidak terkait dengan kecerdasan. Contohnya termasuk tantangan pendengaran, autisme, dan gangguan defisit perhatian. Ketika hal ini terjadi, sering kali bermanfaat untuk menggunakan alat cetak atau visual untuk mendukung keberhasilan dan inklusi akademik.

2.4 Konstruksi Pengetahuan Abstrak Dalam Konteks Matematika

Konstruksi pengetahuan adalah kegiatan atau proses mental seorang siswa dalam menemukan dan mengubah informasi yang diperoleh sehingga terbentuk pemahaman atau tafsiran secara menyeluruh tentang suatu pengetahuan (Kuldas, Ismail, Hashim, & Bakar, 2013). Menurut Downey & Ormrod (2006) konstruksi pengetahuan merupakan inti teori kognitif tentang belajar. Bahwa konstruksi pengetahuan adalah proses mental dari seorang siswa dalam mengambil sejumlah potongan informasi yang terpisah dan menggunakannya untuk membangun

pemahaman tentang pengetahuan yang dipelajarinya atau tafsiran secara menyeluruh (Ernest, 1991). Proses konstruksi pengetahuan adalah suatu cara atau langkah-langkah yang dilakukan seorang siswa untuk membangun pengetahuannya, yang berlangsung melalui dua proses konstruktif yakni: proses asimilasi dan proses akomodasi (Bormanaki & Khoshhal, 2017; Kuldass et al., 2013).

Pendekatan konstruktivis dalam mengajar di semua tingkat sekolah sangat diperlukan karena praktik pengajaran pedagogis konvensional lebih menekankan jawaban dari eksplorasi pertanyaan dan memori dengan mengorbankan pemikiran kritis (Dreyfus, 2012). Bukannya memahami konteks, membaca dianggap sebagai pengganti “melakukan” sehingga tidak efisien untuk mencapai tujuan pengajaran yang ditentukan. Metode belajar mengajar konvensional yang digunakan di sekolah khususnya di kelas matematika dan sains masih mendorong siswa untuk menghafal pengetahuan umumnya dalam bentuk undang-undang, formula atau teori dan memaksa mereka untuk mereproduksi seperti dalam ujian. Dengan demikian, ada sangat sedikit ruang bagi pelajar untuk pembelajaran yang mendalam dan mengembangkan keterampilan seperti pemecahan masalah dan pemikiran reflektif.

Pembelajaran dalam kerangka konstruktivisme berkontribusi pada perkembangan intelektual, sosial dan

psikologis siswa untuk mengirimkannya dalam konteks yang berbeda. Ruang kelas konstruktivis memberikan kesempatan untuk mengamati, bekerja, menjelajah, berinteraksi, mengajukan pertanyaan, dan membagikan harapan mereka kepada semua siswa (Tan, Sharan, & Lee, 2007). Kemudian R.K. Nayak & H.K. Senapaty (2011) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pendekatan konstruktivis dalam menumbuhkan kreativitas anak-anak sekolah dasar dan menemukan bahwa pendekatan ini lebih efektif daripada instruksi tradisional dalam mempromosikan kreativitas dan meningkatkan minat siswa dalam matematika. Karena pengetahuan awal dianggap sebagai fakta obyektif dan atau informasi epistemologi konstruktivisme.

Banyak orang mendefinisikan pengalaman yang sesuai untuk anak-anak sebagai hal "nyata dan langsung" dan membandingkannya dengan kegiatan kertas dan pensil (*paper and pencil*) yang abstrak. Tetapi perlu diingat bahwa semua pembelajaran penting untuk melibatkan pemikiran abstrak. Kami ingin anak-anak dapat membuat generalisasi dari pengalaman nyata. Misalnya, agar dapat mengidentifikasi sebuah bangun balok, anak-anak harus mengabstraksikan ide dari benda-benda di sekitar dan banyak objek lainnya. Konsep seperti ini melibatkan pemahaman yang lebih abstrak. Anak-anak mengambil ide abstrak dari bekerja dengan benda-benda konkrit. Guru dapat menunjuk ke buku dan tas untuk menunjukkan arti masing-

masing. Sementara guru juga dapat menunjuk ke lima buku dan mengatakan "lima," dan guru dapat menunjuk ke lima angka dan mengatakan "lima," anak-anak harus mengabstraksikan gagasan angka lima dengan menggeneralisasi dari banyak pengalaman.

Konstruksi matematis memiliki peran ganda karena dapat digunakan sebagai instrumen untuk memodelkan situasi dan peristiwa dunia nyata, tetapi juga bisa menjadi objek penalaran (Susac, Bubic, Vrbanc, & Planinic, 2014). Matematika adalah domain yang sangat abstrak karena kesanggupan dan kendala yang mendasari penggunaan konstruksi matematika mungkin berbeda dari kemampuan dan kendala dalam situasi dunia nyata. Kami berpendapat bahwa ini membuat akuisisi skematis kuantitatif tugas yang sulit tetapi juga menyumbang potensi untuk memperluas pemahaman kita tentang dunia dengan cara matematika. Kami mengacu pada studi perkembangan, pendidikan, dan eksperimental yang mendukung pandangan bahwa pemahaman baru dan cara berpikir yang kuat menjadi mungkin atas dasar konstruksi matematika yang dimediasi secara kultural (Serdyukov, 2017).

Penerapan konstruksi matematika untuk situasi dan peristiwa konkret memungkinkan kita untuk melakukannya menangkap hubungan struktural yang tidak mungkin untuk menggambarkan secara efektif sebaliknya. Contohnya, kita sering berbicara tentang harga satu pon tomat, meskipun, karena

bervariasi ukuran dan berat tomat, kombinasi buah tomat jarang menghasilkan berat yang sama persis. Karena kami memiliki pemahaman tentang mengukur berat badan, kami tidak memiliki masalah memahami harga satu kilogram tomat. Secara sengaja mentransfer kendala dan keterjangkauan yang mendasari penggunaan konstruksi matematika untuk domain konten lain memungkinkan kita untuk melakukannya dengan mengeksplorasi struktur matematika yang sudah dikenal dalam model-model konstruk dan skema penalaran yang tidak hanya membuat komunikasi lebih efisien tetapi juga dapat memperluas dan memperdalam pemahaman domain.

Prinsip-prinsip pembelajaran yang mendasari penalaran numerik tidak harus menjadi proses sadar yang segera mengarah ke pengetahuan yang dapat diakses. Namun dapat disarankan, bahwa pengembangan prinsip-prinsip matematika murni bukanlah masalah umur, tetapi alih-alih pertanyaan tentang peluang untuk menggunakan sistem simbol matematika. Bahkan anak-anak prasekolah dapat memperoleh konstruksi matematika murni dari penalaran dengan dan tentang matematika simbol.

BAB III

PENGEMBANGAN PENALARAN ABSTRAK

3.1 Penalaran Abstrak

Penalaran merupakan aspek yang sangat penting dari kemampuan matematika dalam pembelajaran matematika. Apa saja aktivitas dalam matematika tidak akan terlepas dari penalaran. Penalaran adalah proses berpikir yang bertolak dari pengamatan-pengamatan empirik yang menghasilkan sejumlah konsep dan pengertian (Judith Greene, 2015). Berdasarkan pengamatan yang sejenis akan terbentuk proposisi-proposisi, berdasarkan sejumlah proposisi yang diketahui (dianggap benar), dapat disimpulkan sebuah proposisi baru. Proses ini disebut menalar (Ackerman & Thompson, 2014).

Penelitian yang membahas isu-isu tentang perkembangan pemikiran abstrak telah banyak dilakukan, namun mereka memiliki cara berbeda dalam solusi yang paling tepat untuk merangsang perkembangan ini (Gilead, Liberman, & Maril, 2014; Lerner, Streicher, Sachs, Raue, & Frey, 2016). Tingkat berpikir abstrak sangat terkait dengan prestasi akademik siswa. Bagaimana siswa memahami dan belajar bergantung pada kemampuan pemrosesan kognitif dan tingkat berpikir abstrak (Darwish, 2014).

Studi dalam pendidikan matematika sering menunjukkan perlunya bagi siswa untuk terlibat dalam kegiatan yang menuntut kognitif lebih (penalaran) daripada hanya menyelesaikan tugas dengan menerapkan metode solusi yang diberikan. Beberapa hasil penelitian mengkonfirmasi bahwa tingkat berpikir abstrak memprediksi prestasi akademis siswa dalam bidang matematika dan sains serta bidang ilmu lainnya (Gilead et al., 2014; Lerner et al., 2016). Dalam beberapa hal, kemampuan berpikir abstrak siswa dihadapkan adanya hambatan kognitif, hambatan didaktik, psikologis dan epistemologis (Komala, 2018). Oleh karena itu, siswa harus dikondisikan melalui latihan, pemberian *scaffolding* dan meningkatkan kesadaran belajar melalui proses investigasi.

Berbicara tentang penalaran abstrak tentu berhubungan erat dengan pengembangan kognitif. Para ahli mendefinisikan pengembangan kognitif sebagai proses memperoleh kemampuan berpikir dan pemikiran intelektual yang semakin maju dengan kemampuan untuk menggunakan pendekatan pemecahan masalah dalam situasi kehidupan dari awal sampai usia dewasa (Susac, Bubic, Vrbanc, & Planinic, 2014; Gilead et al., 2014; Lerner et al., 2016; Velasque, 2013). Berdasarkan hal tersebut, dipandang perlu untuk melakukan analisis proses berpikir abstrak yang berfokus pada penalaran abstrak para siswa di setiap jenjang pendidikan sekolah.

Penalaran abstrak mengacu pada kemampuan untuk menganalisis informasi, mendeteksi pola dan hubungan, dan memecahkan masalah pada tingkat yang kompleks (Ackerman & Thompson, 2014; Datta & Roy, 2015). Indikator kemampuan yang termasuk dalam penalaran abstrak meliputi: (1) mampu merumuskan teori tentang sifat objek dan ide, (2) mampu memahami banyak arti yang mendasari suatu peristiwa, pernyataan, atau objek, (3) mampu mengidentifikasi hubungan antara ide verbal dan nonverbal, dan (4) Mampu mendeteksi pola dan hubungan yang mendasari antara kejadian, ide dan objek (Simanjuntak, Abdullah, & Maulana, 2018). Kemampuan berpikir abstrak merupakan hasil pematangan otak. Sedangkan penalaran abstrak merupakan bagian dari kemampuan berpikir abstrak individu yang menunjukkan tingkat penalaran abstrak tertentu dalam domain tertentu, akan sama potensial pada kemampuan penalaran di domain lainnya (Datta & Roy, 2015).

3.2 Pengembangan Penalaran Abstrak

Teori Piaget tentang perkembangan kognitif, memiliki pengaruh luas pada teori dan praktik dalam pendidikan, perubahan kualitatif dalam perkembangan kognitif anak-anak. Secara khusus, ini adalah usia di mana sebagian besar anak bertransisi dari tahap operasional konkrit ke tahap operasional formal (Inhelder and Piaget, 1958 ; Piaget, 1972). Pada saat ini,

anak-anak maju dari penalaran logis dengan contoh-contoh konkret ke abstrak, dan menjadi mampu mempertimbangkan hanya hubungan logis antara unsur-unsur yang berbeda sementara mengabaikan konten konkret mereka. Oleh karena itu, transisi ini dari tahap operasional konkret ke formal merupakan dasar untuk kemajuan pendidikan mereka lebih lanjut.

Namun, banyak penelitian telah menunjukkan bahwa alasan formal tidak dikembangkan pada sebagian besar remaja pada usia tersebut (Lawson, 1985). Akibatnya, banyak konsep abstrak dalam kurikulum matematika dan sains terlalu menuntut untuk mayoritas siswa yang tetap sebagai pemikir operasional konkret. Oleh karena itu, disarankan bahwa mengajar konsep abstrak harus ditunda sampai pematangan otak memungkinkan transisi ke tahap operasi formal (Bolton & Hattie, 2017). Secara khusus, dalam dua dekade terakhir, studi pencitraan otak memberikan bukti baru bahwa masa remaja merupakan periode perkembangan saraf lanjutan yang dapat berlangsung lebih lama daripada yang akan disarankan oleh teori Piaget (Blakemore, 2012). Secara khusus, perubahan kedewasaan di beberapa wilayah otak yang terlibat dalam penalaran matematis abstrak, seperti *korteks prefrontal*, dapat berlangsung hingga remaja akhir (Giedd dan Rapoport, 2010). Studi pendidikan mengkonfirmasi bahwa beberapa tes aktivitas *lobus prefrontal* sangat berkorelasi dengan kemampuan penalaran ilmiah dan kemampuan untuk

menolak kesalahpahaman ilmiah dan mengadopsi ide yang benar (Kwon dan Lawson, 2000).

Tampaknya anak-anak hampir tidak dapat memperoleh beberapa keterampilan penalaran abstrak sampai usia tertentu. Meskipun anak-anak (siswa) dari semua tingkatan usia sering mengalami belajar matematika sebagai tujuan itu sendiri. Namun, simbol matematika sering digunakan untuk menggambarkan dan memprediksi keadaan dan peristiwa sangat relevan dalam kehidupan sehari-hari. Transaksi uang membutuhkan pemahaman tentang situasi di segi kuantifikasi. Memahami pembayaran pinjaman untuk sebuah rumah sangat membutuhkan pemodelan dengan simbol matematika.

Perkembangan teknis di abad ini kita tidak akan terbayangkan tanpa matematika. Dalam psikologi, misalnya, konsep kecerdasan psikometrik didasarkan pada konsep-konsep matematika *mean*, *varians*, dan distribusi normal. Teori skema dianggap menggambarkan pengetahuan yang mendasari proses pemikiran tersebut. *Schemata* dianggap perangkat dan struktur pengenalan aktif itu mengendalikan penggunaan konsep dan produksi tindakan. Mereka dapat disematkan secara hierarkis dalam skema lain dan terdiri dari bagian yang stabil dan variabel yang dibatasi oleh kondisi. Jika slot variabel tidak dapat diisi dengan informasi yang tersedia, standar nilai memungkinkan prediksi. Teori skema khusus telah dikembangkan untuk

memodelkan struktur kognitif yang memandu penalaran kuantitatif dalam matematika dasar, seperti pengetahuan yang mendasari pemahaman dan pemecahan masalah dalam aljabar dan aritmatika (misalnya, Reed, 1993; Reusser, 1990; Riley & Greeno, 1988).

Penelitian telah menunjukkan bahwa anak-anak prasekolah dapat dikaitkan dengan memiliki tambahan dan substraksi schemata sampai batas tertentu. Jauh sebelum anak-anak dapat bernalar secara numerik, mereka mampu menarik kesimpulan non-numerik tentang jumlah objek fisik (misalnya, pembuatan perbandingan seperti lebih banyak, kurang dari). Kesimpulan ini didasarkan pada apa yang Resnick (1989, 1992) disebut *proto-quantitative schema*. Hanya melalui sekolah, bagaimanapun anak-anak secara bertahap berkembang skematis kuantitatif yang memungkinkan mereka untuk secara fleksibel menggunakan angka dan persamaan dalam variasi situasi yang luas. Sehubungan dengan matematika di luar tingkat dasar. Ohlsson menyatakan bahwa orang yang berpendidikan beroperasi dengan skematis kuantitatif abstrak yang mencakup setidaknya fungsi, korelasi, distribusi, matriks, dan ruang tiga dimensi. (Staub & Stern, 1997).

3.3 Metakognisi dan Penalaran

Penalaran matematis mengharuskan siswa untuk terlibat dalam berbagai proses berpikir dan membuat alasan (Brodie, 2010). Kita dapat memperoleh jejak penalaran matematis siswa dari pekerjaan di kelas mereka dan dari interaksi kelas (Brodie 2010). Dua elemen dasar praktik profesional guru dipertaruhkan yaitu: tugas-tugas yang diajukan kepada siswa dan proses komunikasi ditingkatkan oleh tindakan guru. Tugas yang tepat dan sangat penting untuk mendukung pembelajaran matematika siswa di kelas, adalah tugas yang bertujuan mengembangkan penalaran matematika. Oleh karena itu, perlu untuk mengetahui tugas-tugas mana yang menuntun siswa untuk terlibat dalam penalaran matematika, dan dalam cara apa mereka dapat digunakan di dalam kelas (Brodie, 2010).

Membuat keputusan untuk belajar yang baik adalah prasyarat menjadi pembelajar yang sukses. Keputusan-keputusan ini tergantung pada penilaian siswa tentang seberapa baik mereka mengetahui materi yang mereka pelajari. Siswa sering belajar sampai mereka mencapai apa yang mereka anggap menjadi tingkat pengetahuan yang dapat diterima misalnya, mereka pelajari bab 2 sampai mereka memutuskan bahwa mereka akan melakukannya dan mengingat apa yang tercakup pada tes yang akan datang, kemudian buka bab 3, dan seterusnya. Pada kondisi seperti ini, bisa jadi siswa mengalami proses metakognitif.

Metakognisi mengacu pada proses memantau proses pemikiran kita yang sedang berlangsung dan mengendalikan sumber daya mental (Shen & Liu, 2011). Metakognitif adalah konsep penting dalam teori kognitif. Ini terdiri dari dua proses dasar yang terjadi secara bersamaan, memantau kemajuan (Anda) saat Anda belajar, dan membuat, mengubah dan menyesuaikan strategi Anda jika Anda merasa tidak melakukannya dengan baik (Winn, W. & Snyder, D., 1998). Ini tentang refleksi diri, tanggung jawab diri, dan inisiatif, serta penetapan tujuan dan manajemen waktu. Menurut Ridley, D.S., Schutz, P.A., Glanz, R.S. & Weinstein, C.E., (1992). "Keterampilan metakognitif termasuk mengambil kendali sadar terhadap pembelajaran, merencanakan dan memilih strategi, memantau kemajuan pembelajaran, memperbaiki kesalahan, menganalisis efektivitas strategi pembelajaran, dan mengubah perilaku belajar dan strategi bila diperlukan.". Pada intinya dapat dirangkum bahwa metakognitif adalah suatu kesadaran seseorang tentang cara berpikirnya, tentang yang diketahui dan yang tidak diketahuinya. Siswa yang memiliki metakognitif baik adalah siswa yang mampu memahami bagaimana cara belajar, mengetahui kemampuan dirinya dan modalitas belajar yang dimiliki, serta mengerti strategi untuk belajar yang baik dan efektif.

Ackerman dan Thompson (2014) telah mengembangkan kerangka kerja untuk memahami proses metakognitif dalam konteksnya penalaran. Mereka menggunakan frase "meta-

reasoning" untuk lihat proses yang memantau dan mengontrol penalaran, pemecahan masalah dan pengambilan keputusan. Meta-reasoning merujuk ke proses urutan kedua yang memantau dan mengontrol objek tingkat proses kognitif (c.f., Nelson & Narens 1990). Di kata lain, studi tentang meta-reasoning belum tentu mempertimbangkan dengan proses inferensial, tetapi dengan proses yang menentukan seberapa puasny seseorang dengan kesimpulan, juga seperti yang menentukan bagaimana seseorang mengalokasikan sumber daya ke masalah (Ackerman & Thompson, 2014).

Memang, penting untuk membedakan antara perdebatan tentang sifat proses inferensial dan perdebatan tentang proses yang terlibat dalam representasi metakognitif orang. Secara khusus, sifat proses yang mendasari dalam menentukan jenis informasi yang digunakan untuk membuat kesimpulan spesifik dan berpotensi apakah kesimpulan ini akan konsisten dengan norma-norma validitas logis atau tidak. Namun, sifat dari proses ini tidak perlu ada mengarahkan langsung pada sifat pemahaman metakognitif. Memang, sesuai dengan teori metakognitif lainnya, bagian paling membedakan dari tahap operasional formal adalah organisasi operasi mental yang kemudian dilakukan pada 'proposisi' sendiri dan bukan pada kelas dan hubungan yang menjadi ciri informasi (Inhelder & Piaget, 1958 dalam McLeod, 2010).

Remaja dengan operasional formal mampu membangun hipotesis dan secara sistematis mengujinya. Ketika membentuk hipotesis semacam itu, tidak seperti anak operasional konkret, remaja dengan operasional formal tidak harus membatasi pertimbangan mereka pada satu aspek saja pada satu waktu. Sebaliknya dia dapat mempertimbangkan sejumlah variabel pada suatu waktu yang mungkin menentukan peristiwa tersebut. Informasi yang diperoleh adalah umpan balik ke dalam "keseluruhan kombinatorial atau terstruktur" yang lebih lanjut mengasimilasi informasi menjadi "proposisi" (Inhelder & Piaget, 1958). Proposisi semacam itu kemudian disusun dalam semua kemungkinan kombinasi, masing-masing menawarkan kemungkinan potensial. Remaja kemudian memperhitungkan semua kemungkinan untuk memutuskan yang mana di antara mereka yang menjelaskan situasi nyata dengan tepat. Jadi pemikir operasional formal memiliki kemampuan untuk mempertimbangkan hanya hubungan logis di antara peristiwa-peristiwa sementara mengabaikan isi konkret.

Pengembangan kemampuan untuk berpikir dan bernalar dalam hal abstrak, terlepas dari eksistensi konkret. Seperti yang dinyatakan oleh beberapa peneliti bahwa dalam penalaran abstrak "pemecah masalah memeriksa masalah untuk menentukan apakah itu memiliki sifat struktural tertentu". Jadi alasan abstraksi melibatkan mengklasifikasikan objek atau

peristiwa ke dalam kategori masalah berdasarkan pada propertinya. Ini diikuti dengan membuat kesimpulan untuk memecahkan masalah. Pembuatan kesimpulan tersebut tergantung pada dua hal: pertama, konsep berdasarkan masalah mana dikategorikan dan kedua, memahami hubungan spasial antara representasi abstrak sehingga mereka dapat dengan mudah dikategorikan dan kesimpulan dapat ditarik (Hayes, J.C & Kraemer, D.J.M, 2017).

Pengkategorian ini dilakukan berdasarkan beberapa aturan yang khusus untuk kategori tertentu. Misalnya: Apa yang terjadi setelah 3,5,7,9? Jawabannya adalah 11. Di sini kita harus memiliki pengetahuan tentang angka yang merupakan representasi abstrak lagi. Selain menyelesaikan masalah, orang perlu mengetahui konsep 'angka ganjil'. Sekarang ketika memecahkan masalah, orang perlu memvisualisasikan garis bilangan dan harus memahami hubungan spasial di antara angka-angka sehingga sampai pada angka ganjil segera berikutnya. Kategorisasi adalah proses di mana konsep (representasi mental abstrak), berdasarkan beberapa aturan, menentukan apakah entitas baru adalah perwakilan dari kategori atau tidak.

Penalaran formal ditandai dengan meningkatnya penalaran logis dari bentuk konkret ke bentuk abstrak (Lister, 2011). Bagaimana dan mengapa kemampuan penalaran itu diperoleh sejauh ini telah dipelajari dari dua pendekatan yang

berbeda. Dari sudut pandang Piaget, akuisisi seperti itu merupakan hasil dari pematangan otak. Tak perlu disebutkan lagi, alasan operasional formal adalah bentuk penalaran paling abstrak dalam pandangan Piaget (1952, 1954). Juga, karena kemampuan untuk berpikir dalam istilah abstrak adalah hasil dari pematangan otak, seorang anak yang menunjukkan tingkat penalaran abstrak tertentu dalam domain tertentu juga akan menunjukkan kemampuan penalaran abstrak potensial yang sama di banyak domain lain (Datta & Roy, 2015).

Namun pendekatan *neo-piagetian* berbeda dari sudut pandang piagetian di mana terlepas dari usia, penalaran dalam hal abstraksi berlangsung sebagai salah satu keahlian dalam domain masalah-spesifik (Lister, 2011). Dengan demikian seseorang mungkin pemula dalam jenis tertentu tugas penalaran berdasarkan abstraksi, sementara mungkin seorang ahli dalam memecahkan jenis lain dari tugas berdasarkan abstraksi. Menurut *neo-piagetians*, remaja dapat beralasan pada tingkat abstrak karena tahap formal pengembangan memungkinkan mereka untuk mengintegrasikan hasil dari dua jenis proses penalaran urutan-rendah yang biasanya bersifat operasional konkret. Seperti yang diamati oleh Susac, Bubic, Vrlanc & Plaininic (Susac et al., 2014), sementara memecahkan masalah penalaran abstrak numerik, remaja awal kurang akurat dan lebih lambat dalam memecahkan persamaan dengan simbol dibandingkan dengan

angka sementara remaja akhir dapat memecahkan kedua jenis masalah secara sama. Para peneliti menyimpulkan bahwa remaja akhir dapat memecahkan masalah karena mereka sudah mencapai tahap penalaran abstrak. Dengan demikian transisi terjadi pada usia 15-16 tahun ketika remaja belajar memecahkan masalah menggunakan strategi abstrak daripada strategi konkret.

Baru-baru ini, Lerner, Streicher, Sachs, Raue, dan Frey (2016) telah menunjukkan bahwa gaya berpikir orang mempengaruhi perilaku pengambilan risiko mereka. Secara khusus, tingkat *mind-set* mempengaruhi kecenderungan risiko mereka; mereka yang berpikir secara abstrak menunjukkan kecenderungan risiko yang meningkat dibandingkan dengan mereka dengan pola pikir konkret. Dalam studi mereka, Lerner dan rekan (2014) menyebut teori tingkat kontekstual yang menyatakan bahwa cara orang berpikir tentang kejadian atau benda tunduk pada jarak psikologis yang dirasakan. Subyek mengalami bahwa ada sesuatu yang dekat atau jauh dari diri, di sini dan sekarang”, (Gilead et al., 2014). Misalnya, pada waktunya) itu lebih jauh maka dirasakan semakin banyak representasi abstrak yang menjadi target. Bahkan, target yang diwakili secara abstrak dianggap lebih jauh dari target yang diwakili secara konkret. Satu penjelasan mengapa berpikir abstrak mengarah ke afinitas yang lebih berisiko dibandingkan dengan pemikiran konkret berakar dari prediksi lebih lanjut.

Pemikiran abstrak mempromosikan kepekaan terhadap pertimbangan keinginan (yaitu, nilai akhir suatu tindakan: misalnya, jumlah uang yang diperoleh dalam tugas yang berisiko), dan berpikir konkret mempromosikan kepekaan terhadap pertimbangan kelayakan (yaitu, kemudahan mencapai keadaan akhir (Lermer et al., 2016).

3.4 Interaksi Sosial Dalam Membangun Proses

Dreyfus dkk. (2001) telah mempertimbangkan proses abstraksi teman sebaya dan menyelidiki distribusi proses abstraksi dalam konteks interaksi teman sebaya. Ini dilakukan dengan melaksanakan dua analisis paralel dari protokol kerja pasangan siswa, analisis dari tindakan abstraksi epistemik serta analisis interaksi teman sebaya. Paralelnya analisis mengarah pada identifikasi jenis interaksi sosial yang mendukung proses abstraksi. Namun, di ruang kelas, situasinya seringkali jauh lebih rumit.

Abstraksi sering terjadi dalam berinteraksi kelompok siswa. Oleh karena itu, fokusnya idealnya harus pada kelompok yang terdiri dari individu dan dua masalah ganda menjadi pusat: Pada satu tangan, membangun oleh masing-masing siswa dan di sisi lain pengetahuan yang dibagikan oleh kelompok. Hubungan dan interaksi antara dua masalah ganda ini diselidiki oleh Hershkowitz, Hadas, Dreyfus & Schwarz (2007). Data mereka

menekankan aliran pengetahuan interaktif dari satu siswa ke yang lain dalam kelompok, sampai mereka mencapai beberapa bersama pengetahuan - dasar pengetahuan umum, yang memungkinkan mereka untuk melanjutkan pembangunan pengetahuan lebih lanjut dalam topik yang bersama sama.

Vygotsky, mengakui bahwa konstruksi pengetahuan berakar dalam konteks kelompok (Oxford, 1997). Vygotsky percaya bahwa belajar adalah sosial di alam, yang mempekerjakan bahwa pembelajaran terjadi melalui interaksi dengan orang lain, yaitu interaksi antara peserta didik atau kelompok sebaya dan juga dengan guru. Selama proses interaktif ini, makna dibagi dan informasi dipertukarkan dan memberikan kesempatan untuk pelajar membandingkan, memeriksa dan mendefinisikan kembali pengetahuannya dengan pengetahuan dan pemahaman anggota kelompok lainnya. Semua teori belajar secara drastis mengubah konsep pelajar yang dianggap sebagai "subjek".

Lev Vygotsky (1896–1934) juga mengemukakan interaksi antara biologis dan pengaruh lingkungan, meskipun ia menarik perhatian yang berpengaruh pada peran pengasuh (scaffolding) dan budaya dalam lingkungan pengembangan. Teori Vygotsky menggarisbawahi peran interaksi sosial, dan, khususnya, interaksi dengan mitra sosial ahli (guru atau teman sejawat), yang mendukung perkembangan kognitif anak-anak. Yang sangat penting adalah konsepnya tentang zona perkembangan proksimal

atau *zone of proximal development* (ZPD), yang merupakan perbedaan antara apa yang dapat dilakukan pembelajar sendiri dan apa yang dia atau dia bisa melakukannya dengan bantuan seseorang yang memiliki lebih banyak keahlian. Vygotsky berpendapat bahwa anak-anak memperoleh pengetahuan dengan berpartisipasi aktif dalam kegiatan budaya lingkungan, di mana mereka mengamati dan meniru, dan akhirnya menginternalisasi, tindakan ahli. Proses internalisasi ini dimediasi oleh penggunaan bahasa anak dan melibatkan artefak budaya, peralatan, dan ikon. Para ahli teori selanjutnya terus membangun model ini, menekankan peran dari lingkungan dalam perkembangan anak dan hak istimewa faktor sosial atas biologis.

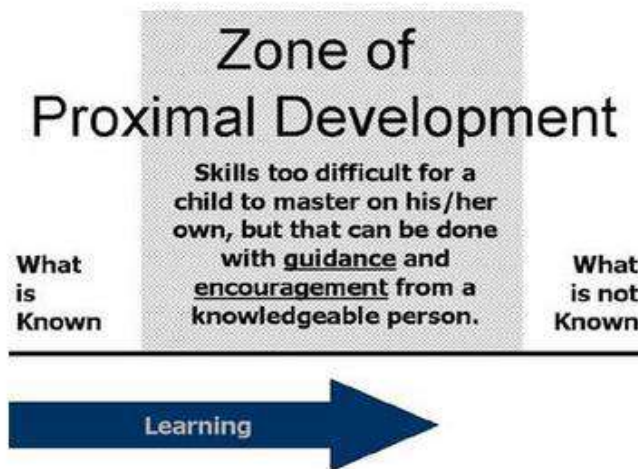
3.5 Prinsip-prinsip Vygotskian pada ZPD dan *Scaffolding*

Zona perkembangan proksimal (*zone of proximal development* atau ZPD), paling baik dipahami sebagai perbedaan antara apa yang dapat dilakukan seorang siswa tanpa bantuan dan apa yang dapat dia lakukan dengan bantuan. Konsep ini dikembangkan oleh Psikolog Soviet dan konstruktivis sosial Lev Vygotsky (1896 - 1934). Vygotsky menyatakan bahwa seorang anak mengikuti teladan orang dewasa dan secara bertahap mengembangkan kemampuan untuk melakukannya tugas-tugas tertentu tanpa bantuan atau bantuan. Definisi Vygotsky tentang ZPD menyajikannya sebagai jarak antara tingkat perkembangan

yang sebenarnya sebagaimana ditentukan oleh pemecahan masalah independen dan tingkat perkembangan potensial sebagaimana ditentukan melalui pemecahan masalah di bawah bimbingan orang dewasa, atau dalam bekerja sama dengan rekan-rekan yang lebih cakap (L.S. Vygotsky: *Mind in Society: Development of Higher Psychology Processes*, 1990).

Scaffolding terdiri dari kegiatan yang disediakan oleh pendidik, atau rekan yang lebih kompeten, untuk mendukung siswa saat ia berada pada zona perkembangan proksimal. Dukungan dialihkan (yaitu ditarik) karena tidak diperlukan, seperti perancah dihapus dari sebuah bangunan selama konstruksi. Siswa kemudian akan dapat menyelesaikan tugas lagi sendiri. *Scaffolding* adalah kunci dari pengajaran yang efektif, di mana orang dewasa terus menyesuaikan tingkat bantuannya dalam menanggapi tingkat kinerja pembelajar. Di kelas, *scaffolding* dapat mencakup keterampilan pemodelan, memberikan petunjuk atau isyarat, dan mengadaptasi materi atau aktivitas. Pertimbangkan panduan ini untuk instruksi *scaffolding* (Debbie Silver, 2011). *Scaffolding* tidak hanya menghasilkan hasil langsung, tetapi juga menanamkan keterampilan yang diperlukan untuk pemecahan masalah independen di masa depan. *Scaffolding* disediakan sementara dan secara bertahap dihapus sedikit oleh sedikit sehingga siswa menjadi lebih kompeten secara mandiri (de Pol, Volman, Oort, & Beishuizen, 2015).

Guru memberikan dukungan (bantuan) sementara yang membantu siswa mencapai tingkat pemahaman yang lebih tinggi bahwa mereka tidak akan dapat mencapainya tanpa bantuan. Itu strategi suportif secara bertahap akan dikurangi dan dihapus ketika mereka tidak lagi diperlukan, dan guru secara bertahap menggeser lebih banyak tanggung jawab atas proses pembelajaran ke siswa. Perhatikan proses Zona perkembangan proksimal dalam proses belajar (Gambar 1) berikut ini.



Gambar 1. *Zona of Proximal Development* (McLeod, 2015)

Aplikasi kontemporer teori Vygotsky adalah "pengajaran timbal balik," digunakan untuk meningkatkan kemampuan siswa untuk belajar dari teks (McLeod, 2015). Pada metode ini, guru dan siswa berkolaborasi dalam mempelajari dan mempraktekkan empat keterampilan utama: meringkas, mempertanyakan,

mengklarifikasi, dan memprediksi. Peran guru dalam proses berkurang seiring waktu.

Teori Vygotsky juga memberi umpan ke minat saat ini dalam pembelajaran kolaboratif, menunjukkan bahwa anggota kelompok harus memiliki tingkat kemampuan yang berbeda sehingga rekan yang lebih maju dapat membantu anggota yang kurang maju beroperasi dalam zona perkembangan proksimal mereka.

Pada dasarnya semua yang terkait dengan memaksimalkan keterlibatan siswa, prestasi, lingkungan belajar yang optimal, zona belajar, dan sejenisnya dapat dikaitkan dengan karya Lev Vygotsky (1978). Seorang psikolog Rusia dan konstruktivis sosial, Vygotsky (1896-1934) mengusulkan sebuah konsep yang sangat mendasar bagi teori motivasi yang mengalami hampir setiap aspek dari sifatnya. Vygotsky menyebut Zona Pengembangan Proksimal siswa, atau ZPD, didefinisikan sebagai rentang kemampuan siswa dengan bantuan dari instruktur atau rekan yang lebih cakap. Di ujung yang berlawanan dari jangkauan adalah tingkat penguasaan yang nyaman dan daerah yang benar-benar melebihi tingkat siswa pada saat ini.

Penulis berpendapat bahwa orang dewasa dapat memaksimalkan penggunaan Zona Pengembangan Proksimal sebagai alat strategis untuk membantu siswa tetap termotivasi terhadap tugas yang diberikan. Dengan motivasi yang tepat, siswa

akan mencapai tujuan pribadi mereka. Dia menyarankan bahwa pendidik dan orang tua perlu menginstruksikan siswa tentang latihan yang bertujuan dan membantu mereka menginternalisasi mekanisme yang diperlukan untuk mencapai hanya di luar jangkauan mereka saat ini.

Scaffolding instruksional, adalah konsep lama dengan nama baru. Kebanyakan guru punya digunakan kegiatan perancah di ruang kelas dalam satu atau lebih cara. Saran penelitian yang memberikan bantuan dan dukungan kepada siswa melalui *scaffolding* instruksional mengoptimalkan pembelajaran siswa. Ini mirip dengan *scaffolding* (perancah) yang digunakan dalam konstruksi untuk mendukung pekerja saat mereka mengerjakan tugas tertentu (de Pol, Volman, Oort, & Beishuizen, 2015).

Scaffolding telah terbukti menjadi salah satu yang paling direkomendasikan, serbaguna, dan kuat sebagai teknik instruksional pengajaran sosio-konstruktivis (Amineh, Jafari, & Davatgari, 2015). Davis dan Miyake (2004) mendefinisikan *scaffolding* hanya sebagai dukungan dalam bentuk pengingat atau bantuan. Mereka memandang perancah sebagai komponen dari perangkat yang lebih besar metodologi dalam pembelajaran berbasis aktivitas: pemodelan (mendemonstrasikan), pelatihan, artikulasi, refleksi, dan eksplorasi.

Pearson (1996) menunjukkan *scaffolding* (perancah) itu memungkinkan para guru untuk memberikan isyarat, pertanyaan,

pelatihan, pembenaran, dan yang lama informasi untuk membantu siswa menyelesaikan tugas sebelum menanggulangnya secara mandiri. jadi, *scaffolding* dapat memberikan dukungan untuk membantu menjembatani kesenjangan antara apa yang siswa ketahui dan dapat lakukan, versus apa yang tidak mereka ketahui atau tidak bisa lakukan, tetapi dimaksudkan untuk diketahui dan dilakukan.

3.6 Perkembangan Kognitif Menurut Piaget

Teori perkembangan kognitif Piaget (1964) menjelaskan bagaimana seorang anak (individu) membangun model mental tentang dunianya. Bagi Piaget, perkembangan kognitif adalah reorganisasi proses mental yang progresif sebagai hasil pematangan biologis dan pengalaman lingkungan. Anak-anak (individu) membangun pemahaman tentang dunia di sekitar mereka, kemudian mengalami perbedaan antara apa yang telah mereka ketahui dan apa yang mereka temukan di lingkungan mereka (Bormanaki & Khoshhal, 2017). Ada tiga komponen dasar teori kognitif Piaget, yaitu: (1) Skema (membangun pengetahuan), (2) Proses adaptasi yang memungkinkan transisi dari satu tahap ke tahap lainnya (asimilasi, akomodasi, dan ekuilibrium), dan (3) Tahapan pengembangan kognitif: sensorimotor, praoperasional, operasional konkret, dan operasional formal (Aloqaili, 2012; (Bormanaki & Khoshhal, 2017).

Piaget telah memperkenalkan empat tahap perkembangan kognitif yang menentukan penalaran dan keterampilan pengembangan mental seorang anak sampai remaja (Piaget, 1964). Secara khusus, usia 11 – 14 tahun (siswa kelas 8) sebagai usia dimana perkembangan kognitif mereka terjadi transisi dari tahap operasional konkrit ke operasional formal (Piaget dalam Susac, 2014). Sementara itu terkait perkembangan kognitif, masih banyak anak usia sekolah menengah pertama yang belum mencapai kemampuan untuk memahami konsep abstrak tanpa dasar yang nyata (Darwish, 2014; Simanjuntak, Abdullah, & Maulana, 2018).

Piaget (1964) tidak secara eksplisit menghubungkan teorinya dengan pendidikan, walaupun kemudian para periset telah menjelaskan bagaimana ciri teori Piaget dapat diterapkan pada pengajaran dan pembelajaran (Bormanaki & Khoshhal, 2017). Menurut Piaget (1964), asimilasi dan akomodasi memerlukan pembelajar aktif bukan pasif, karena keterampilan pemecahan masalah tidak dapat diajarkan, melainkan harus ditemukan. Di dalam kelas, belajar harus berpusat pada siswa dan dicapai melalui pembelajaran penemuan aktif (Ojose, 2008). Peran guru adalah memfasilitasi pembelajaran. Oleh karena itu, di dalam kelas guru harus mendorong hal berikut: (1) Fokus pada proses belajar, bukan produk akhir dari itu; (2) Menggunakan metode pembelajaran aktif yang memerlukan penemuan kembali

atau merekonstruksi "kebenaran"; (3) Menggunakan kegiatan kolaboratif (kooperatif), serta aktivitas individu (agar anak bisa saling belajar satu sama lain; (4) Merancang situasi yang menyajikan masalah yang bermanfaat, dan menciptakan ketidakseimbangan pada anak; (5) Evaluasi tingkat perkembangan anak sehingga tugas yang sesuai dapat diatur.

Profil perkembangan kognitif mengungkapkan tingkat kemampuan berpikir abstrak individu. Tingkat perkembangan kognitif ini dapat diukur dengan menggunakan sejumlah tugas intelektual (Dugan, 2006). Selama pembelajaran berlangsung dimungkinkan terjadinya kesalahan-kesalahan yang dilakukan siswa saat memecahkan masalah, yang mana kesalahan-kesalahan ini dapat menjadi sumber informasi yang penting bagi guru dalam perbaikan pembelajaran dan pemahaman bagi siswa itu sendiri. Kesalahan siswa dalam pemecahan masalah pasti sangat beragam, hal ini dikarenakan proses berpikir siswa yang berbeda pula. Berdasarkan respon jawaban siswa dalam pemecahan masalah akan dapat dirumuskan program tindak lanjut dan pelayanan remedial bagi siswa. Tindakan untuk mengevaluasi respon jawaban siswa dapat dilakukan melalui analisis respon siswa dengan berpandu taksonomi *Structure of the Observed Learning Outcomes* (SOLO) (Kusmaryono, Suyitno, Dwijanto, & Dwidayati, 2018).

3.7 *The SOLO Taxonomy*

Taksonomi adalah suatu klasifikasi khusus berdasar data penelitian ilmiah mengenai hal-hal yang digolong-golongkan dalam sistematika tertentu (Kuswana, 2013). Taksonomi berguna sebagai alat belajar berpikir untuk memfasilitasi proses mental, terutama untuk memperoleh dan mencapai tujuan (Kuswana, 2013). Taksonomi juga sebagai upaya untuk membantu kepentingan pendidik dalam pembelajaran yaitu mengembangkan keterampilan berpikir diperlukan suatu sistem klasifikasi (taksonomi) untuk memahami unsur pemikiran dan bagaimana masing-masing berhubungan satu sama lain.

Menurut Biggs and Collis (1982) sebagai ahli, Taksonomi *Structure of the Observed Learning Outcomes* (SOLO) adalah alat yang penting dalam menilai pengetahuan dan keterampilan siswa, dengan menguji jawaban secara mendalam (Biggs & Tang, 2011). Penilaian dalam taksonomi SOLO didasarkan pada kualitas dan struktur jawaban yang diberikan siswa terhadap pertanyaan (Korkmaz & Unsal, 2017). Melalui taksonomi SOLO guru dapat mengidentifikasi respon jawaban (hasil belajar) siswa sehingga tingkat kemampuan pemahaman siswa terhadap suatu masalah yang diberikan dapat diketahui. Pada pembahasan buku ini, taksonomi SOLO digunakan sebagaimana dimaksudkan adalah untuk menemukan klasifikasi respon jawaban siswa ke dalam tingkat penalaran (pemahaman) siswa SMP dalam pemecahan

masalah geometri bangun ruang sisi datar berdasar taksonomi SOLO.

Taksonomi SOLO mengklasifikasikan kemampuan dari respon (jawaban) siswa terhadap masalah ke dalam 5 (lima) tingkatan yang berbeda dan bersifat hirarkis yaitu:

Tingkat 0: *Pre-structural*. Pada tingkat ini, siswa menggunakan pengetahuan tanpa pemahaman, hanya mengulangi pertanyaan yang diajukan (Potter & Kustra, 2012). Jawaban siswa tidak mencukupi dan salah atau tidak memberikan jawaban (Korkmaz & Unsal, 2017).

Tingkat 1: *Uni-structural*. Pada tingkat ini, siswa memiliki pemahaman yang terbatas. (Biggs & Tang, 2011). Siswa berfokus hanya terkait dengan penggunaan data yang terkait dengan pertanyaan tersebut (Korkmaz & Unsal, 2017).

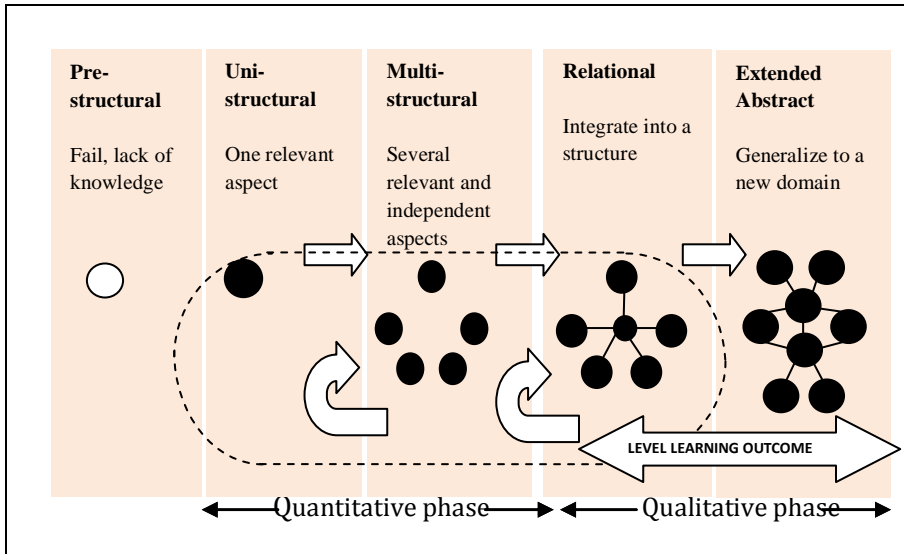
Tingkat 2: *Multi-structural*. Pada tingkat ini, siswa dapat fokus pada lebih dari satu aspek untuk pertanyaan namun tidak dapat saling terkait satu sama lain (Biggs & Tang, 2011).

Tingkat 3: *Relational*. Pada tingkat ini, siswa memahami bagaimana membangun keseluruhan dan hubungan antara struktur yang membentuk keseluruhan (Biggs & Tang, 2011).

Tingkat 4: *Extended Abstract*. Siswa bisa beralasan dengan mempertimbangkan ciri-ciri abstrak dan bisa membuat generalisasi; Siswa dapat melihat topik dari banyak perspektif, berhipotesis, dan membuat generalisasi (Brabrand & Dahl, 2009).

Di dalam standar isi kurikulum Indonesia 2013, capaian pembelajaran dikelompokkan dalam 5 (lima) kategori berdasar taksonomi SOLO yaitu: *Pre-structural* (tingkat 0 yaitu kelas Taman Kanak-kanak), *Uni-structural* (tingkat 1 yaitu kelas I dan II), *Multi-structural* (tingkat 2 yaitu kelas III dan IV), *Relational* (tingkat 3 yaitu kelas V dan VI), dan *Extended Abstract* (tingkat 4 dan 5 yaitu kelas VII, VIII, dan IX) (BSNP, 2013). Meninjau perihal ini, secara jelas ditegaskan bahwa pembelajaran matematika pada kelas 8, guru harus berupaya capaian pembelajaran siswa sampai ke jenjang memiliki pola berpikir tingkat tinggi atau *extended abstract*.

Gambaran adanya siklus belajar dalam capaian pembelajaran taksonomi SOLO ini diawali dari sebelum masuk siklus yaitu pra-struktural, dalam siklus yaitu fase kuantitatif (uni-struktural dan multi-struktural), fase kualitatif (relasional), dan keluar dari siklus yaitu fase kualitatif (abstrak yang diperluas). Berikut Gambar 2 tentang siklus belajar tiap tingkatan dalam capaian pembelajaran taksonomi SOLO.



Gambar 2.
Biggs's SOLO Taxonomy: Learning Outcomes Assessment
(Goff, Potter & Pierre, 2014)

Berdasarkan Gambar 2, tingkat respon *uni-structural* dan *multi-structural* termasuk dalam fase berpikir kuantitatif (konkret). Tingkat respon *relational* dan *extended abstract* dikategorikan dalam fase berpikir kualitatif (abstrak) (Goff, Potter & Pierre, 2014). Pada buku ini, dijelaskan bahwa respon jawaban siswa terhadap tes kemampuan penalaran abstrak dievaluasi dan dianalisis, kemudian respon (jawaban) siswa akan digolongkan ke dalam salah satu tingkatan taksonomi SOLO.

BAB IV

KERANGKA KERJA PEMECAHAN MASALAH

4.1 Metode Pemecahan Masalah

Kerangka kerja pemecahan masalah sebagaimana dimunculkan dalam bab 1 dilakukan melalui penelitian menggunakan pendekatan deskriptif baik secara kuantitatif dan kualitatif (Creswell, 2014). Data empiris yang didapat akan dijelaskan secara kuantitatif dan dideskripsikan secara kualitatif berdasarkan karakteristik dan kategori yang sesuai indikator penalaran dengan berpandu taksonomi *Structure of the Observed Learning Outcomes* (SOLO).

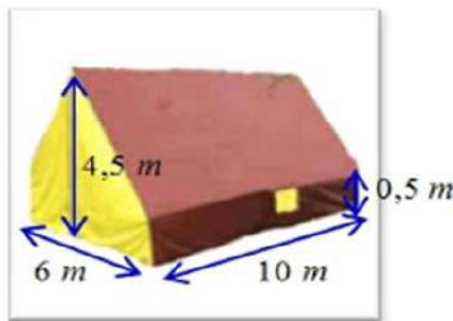
Adapun setting penelitian ini dilakukan di SMP Negeri 10 kota Semarang, Indonesia. Berdasar teknik *purposive sampling* diperoleh subjek penelitian sebanyak 30 siswa kelas 8-E. Subjek penelitian yang berpartisipasi seluruhnya berada pada rentang usia 12 sampai 14 tahun. Pada penelitian ini, pembelajaran matematika dilakukan melalui penerapan model pembelajaran *group investigation* yang dilaksanakan selama lima minggu dengan materi geometri bangun ruang sisi datar. Di akhir pembelajaran, siswa diberi tugas intelektual berupa tes penalaran (abstrak) matematis.

Guna mendapatkan data-data empiris di lapangan telah disiapkan instrumen penelitian yang terdiri dari instrument tes (tertulis) dan non tes (wawancara). Tes berupa tugas intelektual untuk menilai kemampuan siswa dalam menggunakan strategi penalaran formal (abstrak). Tes terdiri dari 2 (dua) butir permasalahan penalaran matematis tentang geometri bangun ruang sisi datar. Instrument tes telah dievaluasi secara ketat oleh tim ahli (validator instrumen) dalam hal isi, konstruk, validitas konkuren dan prediktif. Berikut instrumen tes untuk mengukur kemampuan penalaran abstrak.

Tabel 1.

Instrumen tes penalaran abstrak

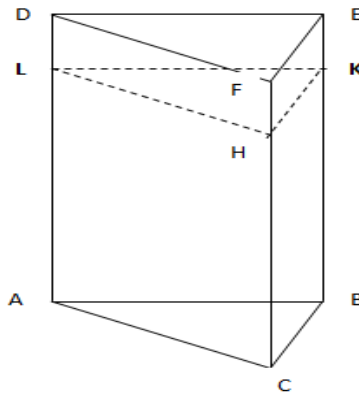
Contoh Permasalahan	Capaian Pembelajaran
<p>Problem 1: Abdullah akan membuat sebuah tenda dari bahan plastik dengan model dan ukuran seperti gambar di bawah ini.</p>	<i>Relational</i>



Berapa meter persegi bahan plastic yang dibutuhkan untuk membuat sebuah tenda sesuai gambar tersebut?

Problem 2.
Perhatikan Prisma segitiga ABC.DEF di bawah ini.

*Extended
Abstract*



Di dalam prisma terdapat air setinggi CH. Dengan perbandingan $CH:HF = 3:1$

Alas prisma adalah ABC dengan siku-siku di C. panjang $AC = 8$ dm, panjang $AB = 10$ dm, and tinggi $AD = 16$ dm.

Jika volume air dalam prisma segitiga dipindahkan ke dalam balok (prisma segi empat) dengan ukuran panjang alas 16 dm, lebar 6 dm dan tinggi 8 dm, berapa tinggi air dalam balok ?

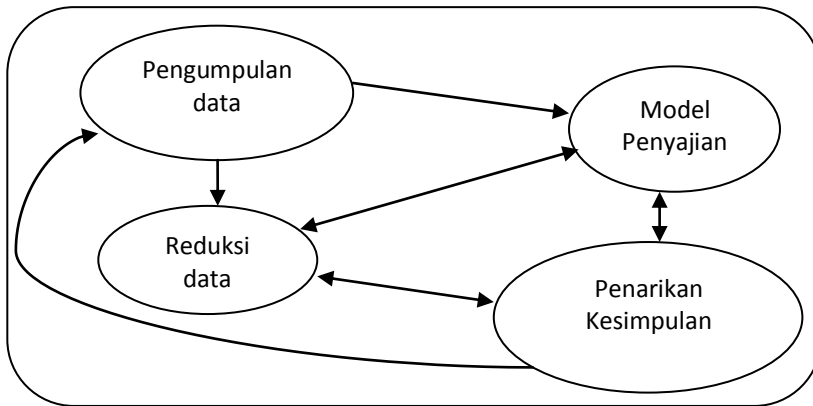
(Sumber: Kusmaryono, et al., 2018)

Instrument wawancara berupa pertanyaan-pertanyaan yang bersifat tentative dan masih dapat dikembangkan di lapangan. Penenruan subjek untuk diwawancara dilakukan dengan teknik *purposive snowball* dengan harapan mendapatkan informasi yang lebih dalam dari partisipan yang memahami permasalahan.

4.2 Analisis Data

Berdasarkan hasil tes kemampuan penalaran, subyek penelitian dikelompokkan dalam tiga grup yakni kelompok Bawah adalah siswa berkemampuan kognitif rendah, kelompok Tengah adalah siswa berkemampuan kognitif cukup (sedang), dan kelompok Atas adalah siswa berkemampuan kognitif tinggi. Respon jawaban siswa sebagai dokumen dari tugas intelektual diamati dan dianalisis tingkat capaian pembelajaran dengan berpandu taskonomi SOLO. Analisis data dideskripsikan secara kuantitatif dan kualitatif sebagai hasil pencapaian kemampuan penalaran abstrak siswa. Untuk mendapatkan informasi lebih mendalam tentang penalaran abstrak, masing-masing kelompok dipilih 2 (dua) siswa kemudian diwawancarai.

Proses analisis data pada penelitian kualitatif dideskripsikan sebagai jalinan antar data yaitu antar jalinan sebelum, selama, dan sesudah pengumpulan data dalam bentuk suatu proses siklus interaktif (Miles & Huberman, 2012) sebagaimana terlihat dalam Gambar 4 berikut ini.

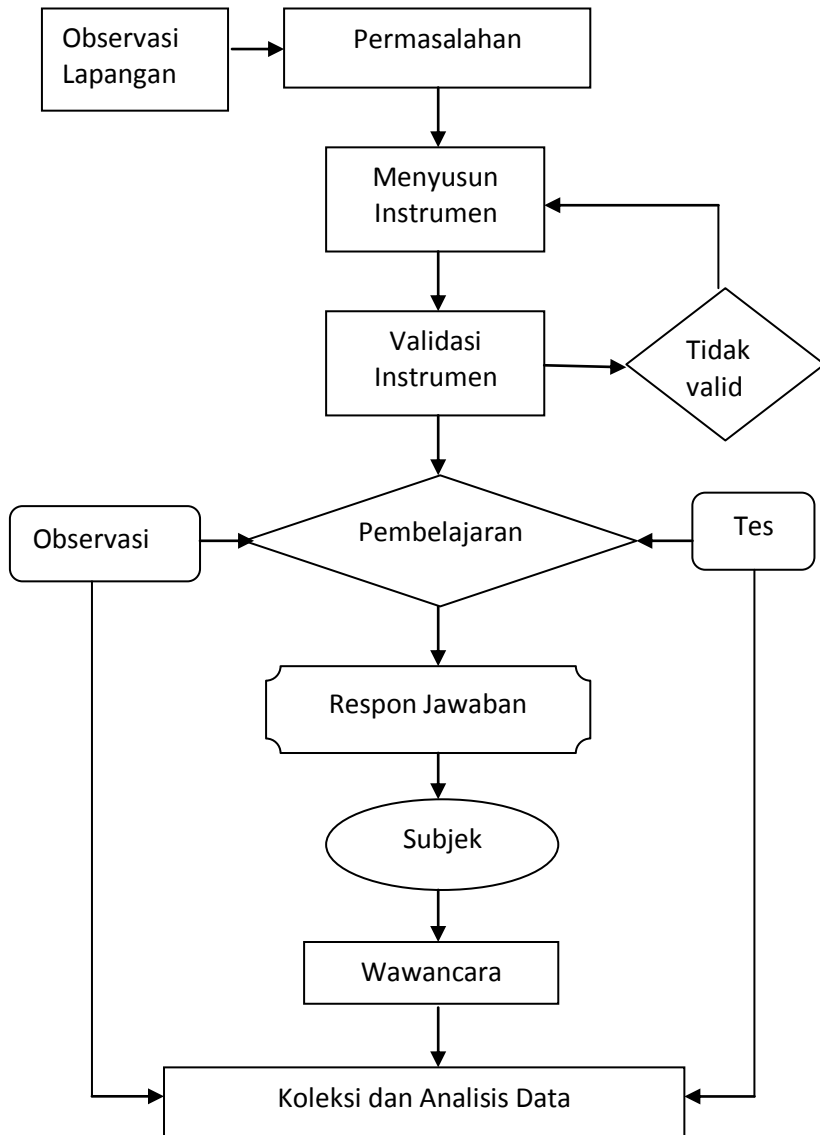


Gambar 3. Komponen Analisis Data (Model Interaktif)
(Miles & Huberman, 2012)

4.3 Teknik Keabsahan Data

Data yang dikumpulkan diuji keabsahannya agar diperoleh data yang benar-benar valid, yaitu data yang tidak berbeda antara data yang dilaporkan dengan data yang sesungguhnya terjadi di lapangan pada objek penelitian. Untuk menilai keabsahan data penelitian kualitatif, dilakukan uji keabsahan melalui metode triangulasi. Triangulasi diartikan sebagai pengecekan data dari berbagai sumber dengan berbagai cara dan berbagai waktu. Pada penelitian ini triangulasi meliputi triangulasi metode atau teknik, sumber, dan teori (Moleong, 2007). Bila hasil uji triangulasi menghasilkan data yang berbeda, maka dilakukan secara berulang sehingga sampai ditemukan kepastian data.

4.4 Kerangka Kerja Pemecahan Masalah



Gambar 4. Kerangka kerja pemecahan masalah

Berasarkan data hasil tes kemampuan penalaran matematis (lihat Tabel 1) diperoleh rata-rata skor sebesar 73 dengan kategori cukup tinggi. Berdasarkan pengujian rata-rata hasil tes dengan uji statistic one sample test, H_0 ditolak yang berarti rata-rata skor tes kemampuan penalaran matematis siswa mencapai standar KKM sebesar 70. Selanjutnya respon jawaban dilakukan analisis penalaran abstrak siswa pada level kognitif Bawah, Tengah, dan Atas melalui analisis kualitatif dan wawancara secara lebih mendalam terhadap subjek.

5.2 Penalaran Abstrak pada Level Kognitif Bawah

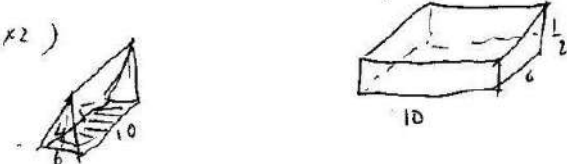
Memperhatikan Tabel 2, siswa pada kelompok Bawah memperoleh rata-rata skor pada tugas pemecahan masalah nomor 1 sebesar 59,0 dan permasalahan nomor 2 sebesar 56,0. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kemampuan pemahaman siswa pada komponen penalaran berada dalam kategori rendah. Tinjauan dari taksonomi SOLO, respon jawaban siswa terhadap permasalahan nomor 1 dan 2 hanya berada pada tingkat *uni-structural* (25%) dan tingkat *multi-structural* (75%).

Melalui analisa respon jawaban siswa pada Gambar 5, dijelaskan bahwa siswa dapat menangani berbagai aspek topik namun tidak dapat menjalin hubungan. Siswa dapat fokus pada lebih dari satu aspek untuk pertanyaan namun tidak dapat saling terkait satu sama lain (Biggs & Tang, 2011). Berikut disajikan

contoh hasil respon jawaban siswa dari perwakilan level kognitif rendah, pada Gambar 5.

Nama Siswa (umur): Fauzan (12)

Respons jawaban problem 1



$$\text{Luas daerah I} = (10 \times 6 \times 1) + (10 \times \frac{1}{2} \times 2) + (6 \times \frac{1}{2} \times 2)$$

$$\text{L.d. I} = 60 + 10 + 6$$

$$\text{L.d. I} = 76$$

$$\text{Luas daerah II} = (6 \times 4 \times 2) + (10 + 5 \times 2)$$

$$\text{L.d. II} = 48 + 100$$

$$\text{Luas daerah I + II} = 76 + 148 = 224$$

Total = 200 m²
 Jadi dibutuhkan plastik 200 m²

Gambar 5. Respon jawaban siswa kelompok Bawah

Berpandu dengan taksonomi SOLO, respon jawaban siswa pada Gambar 5 berada di level *Multi-structural*. Pada tingkat ini, siswa hanya mampu menggunakan gagasan dari petunjuk konkret untuk menuju pemecahkan masalah. Siswa masih berpikir berdasar fakta konkret dan belum dapat menyusun hubungan antar aspek satu dengan yang lainnya. Mereka masih

beroperasi pada tingkat pemikiran kuantitatif (konkret) dan belum beroperasi pada tahap perkembangan kognitif lanjutan (kualitatif atau abstrak). Dari penelitian sebelumnya (Susac et al., 2014), berasumsi bahwa banyak siswa menggunakan strategi yang sangat konkret, seperti memasukkan data berupa angka-angka yang sudah ada pada soal. Menurut mereka, untuk menerapkan cara berpikir abstrak memerlukan banyak waktu. berikut wawancara kutipan antara peneliti (R) dan subjek (S.12).

- R : Apakah Anda menggunakan cara yang benar dalam langkah kedua (menghitung area II)?
- (S.12) : Saya tidak tahu dan saya tidak mengerti apa yang saya tulis.
- R : Anda menulis (S.A. I + S.A. II = 224). Tetapi jawaban akhir Anda adalah 200 m². Bisakah Anda menjelaskan alasan Anda?
- (S.12) : (S.12): Butuh waktu lama. Saya tahu, dan saya menarik kesimpulan bahwa itu benar 200 m².

Berdasarkan analisis pada hasil wawancara, dalam hal ini, subjek (S.12) memiliki kendala, bahwa mereka tidak dapat memahami bahwa setiap konsep dapat memiliki banyak interpretasi. Penelitian sebelumnya (Susac et al., 2014) menunjukkan bahwa banyak siswa menggunakan strategi yang sangat konkret seperti memasukkan data dalam bentuk angka yang sudah ada dalam pertanyaan. Subjek (S.12) tidak dapat memecahkan masalah dengan cara yang kreatif, dan gagal dalam kesimpulan yang logis. Menurut subjek (S.12), untuk menerapkan

pemikiran abstrak perlu banyak waktu. Jawaban subjek (S.12) dalam hal ini benar dan tepat. Namun, subjek (S.12) tidak dapat memberikan pembenaran (klarifikasi) atau alasan jawabannya.

Pada kasus ini, siswa memiliki kesulitan yaitu tidak mampu memahami bahwa setiap konsep dapat memiliki banyak arti, siswa tidak dapat memecahkan masalah dengan cara kreatif, dan siswa gagal dalam penarikan kesimpulan secara logis (Kusmaryono et al., 2018). Situasi ini membuat kita berpikir bahwa siswa mengalami kesulitan menggunakan penalaran berdasarkan deduksi (Darwish, 2014).

Memperhatikan hasil pekerjaan siswa pada kelompok bawah ini, guru perlu memberikan perhatian serius kepada siswa di kelompok bawah dalam pembelajaran matematika. Bantuan dalam pembelajaran dapat diberikan melalui *Scaffolding* untuk meningkatkan perkembangan kognitif ke tingkat lanjutan (abstrak). Harapannya, jangan sampai siswa tetap berada pada tingkat pemikiran konkret sepanjang tahun studi mereka, sehingga akan menghambat tugas-tugas penyelesaian masalah yang lebih kompleks (Woolfolk, 2008).

5.3 Penalaran Abstrak pada Level Kognitif Menengah

Memperhatikan Tabel 2, siswa pada kelompok Tengah memperoleh rata-rata skor pada tugas pemecahan masalah nomor 1 sebesar 81,0 dan permasalahan nomor 2 sebesar 65,0.

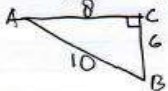
Rata-rata skor ini masuk kategori cukup. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa penalaran siswa berada dalam kategori cukup baik. Tinjauan dari taksonomi SOLO, respon jawaban siswa terhadap permasalahan nomor 1 dan 2 berada pada tingkat *uni-structural* (6%), *multi-structural* (47%), *relational* (44%), dan *extended abstract* (3%). Berikut disajikan contoh hasil respon jawaban siswa dari perwakilan level kognitif menengah (kelompok Tengah), pada Gambar 6 di bawah ini.

Kode responden : (S.08)

Jawaban problem 2

diketahui : $AD = 16$ // $p = 16$
 $AC = 8$ // $l = 6$
 $AB = 10$ // $t = 8$

ditanya : berapa tinggi air pada balok?

dijawab :  tinggi air $\frac{3}{4} \times 16 = 12$

Vol. prisma segitiga $V_1 = \frac{3}{4} \times 8 \times 6 \times 16 \times \frac{1}{2}$
 $V_1 = 288$

Vol. balok $V_2 = p \times l \times t$
 $V_2 = 16 \times 6 \times 8$
 $V_2 = 768$

tinggi air dan balok $= \frac{V_1}{V_2} \times t$
 $= \frac{3}{4} \times 8 = 6 \text{ dm.}$

Gambar 6. Respon jawaban siswa kelompok Tengah

Berdasarkan analisa respon jawaban siswa pada Gambar 6, siswa dapat memahami permasalahan dalam konteks volume prisma segitiga dan memindahkan ke dalam konteks permasalahan volume balok. Kemampuan ini termasuk

kemampuan berpikir abstrak. Menurut Ylvisaker and Hibbard (2008) kemampuan berpikir secara abstrak berkaitan dengan kemampuan memindahkan apa yang dipelajari dari satu konteks ke konteks lainnya (Darwish, 2014). Siswa memahami bagaimana membangun keseluruhan dan hubungan antara struktur yang membentuk keseluruhan (Biggs & Tang, 2011). Pengaruh hubungan sebab-akibat dapat dianalisis adalah karakteristik tingkat ini (Brabrand & Dahl, 2009). Siswa mampu menggunakan pola atau berbagai gagasan atau petunjuk konkret untuk memecahkan masalah yang lebih besar, dan pemecahan masalah dilakukan dengan menarik kesimpulan logis dari seperangkat pengamatan (Farlex Partner Medical Dictionary, 2012).

Melalui analisa respon jawaban siswa pada Gambar 6, subjek (S.08) telah menggunakan langkah-langkah pemecahan masalah dengan baik. Namun, subjek (S.08) sayangnya gagal dalam pengambilan keputusan, maka jawaban akhir salah. Pertimbangkan kutipan wawancara berikut antara peneliti (R) dan subjek (S.08).

- R : Apakah Anda memeriksa jawaban Anda dengan hati-hati?
- (S.08) : Saya tidak memeriksa ulang jawaban saya
- R : Apa yang Anda ketahui tentang volume air jika dipindahkan?
- (S.08) : Saya mengerti. Volume air akan tetap sama meskipun wadahnya berbeda.
- R : Jawaban Anda benar, sempurna. Silakan periksa jawaban Anda.

(S.08) : Ini berarti bahwa volume air setelah dipindahkan adalah $16 \times 6 \times 6 = 576$. Kemudian, hasilnya tidak sama dengan 288 (volume air sebelum gerakan). Jadi jawaban saya tidak logis.

Subyek (S.08) dapat memahami masalah dalam konteks ke prisma segitiga dan pindah ke konteks ke volume berbentuk kubus. Namun, subjek (S.08) terlalu dini untuk menarik kesimpulan tanpa memeriksa ulang. Jadi, jawabannya salah dan tidak valid. Ini menunjukkan subjek (S.08) masih lemah dalam mengidentifikasi hubungan antara ide verbal dan nonverbal.

Berpandu dengan taksonomi SOLO, respon jawaban siswa berada pada level *relational* (44%). Hanya 3% siswa di kelompok Tengah yang mencapai perkembangan kognitif kualitatif (*extended abstract*), Secara umum, sebanyak 47% mereka sudah beroperasi pada tahap perkembangan kognitif kualitatif (abstrak). Namun, Siswa belum dapat melihat topik dari banyak perspektif, berhipotesis, dan belum membuat generalisasi. Sehingga kemampuan kognitifnya belum maksimal mencapai *extended abstract*. Hasil ini mungkin menunjukkan bahwa siswa tertunda dalam mencapai tingkat yang diharapkan dari perkembangan kognitif berpikir abstrak dan akan berkembang kemampuan kognitif seiring usia bertambah. Menurut Piaget, pada usia 14 tahun (siswa kelas VIII) sebagian besar individu

harus berada pada tingkat operasional formal (tingkat abstrak) (Piaget, 1964).

Memperhatikan keadaan ini, maka guru tetap harus percaya bahwa perkembangan kognitif siswa masih dapat ditingkatkan melalui proses pembelajaran yang berfokus pada peningkatan kemampuan penalaran.

5.4 Penalaran Abstrak pada Level Kognitif Atas

Memperhatikan Tabel 2, rata-rata skor siswa kelompok atas pada tugas pemecahan masalah nomor 1 sebesar 88,0 dan permasalahan nomor 2 sebesar 8,0. Rata-rata skor menunjukkan kategori tinggi. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kemampuan daya matematika siswa pada komponen penalaran dalam kategori tinggi. Tinjauan dari level taksonomi SOLO, respon jawaban siswa terhadap permasalahan nomor 1 dan 2 berada pada tingkat *multi-structural* (19%), *relational* (42%), dan *extended abstract* (19%). Total sebanyak 81% siswa di kelompok Atas telah beroperasi pada tahap perkembangan kognitif kualitatif (abstrak). Tampaknya siswa kelompok Atas lebih baik kemampuan berpikir penalaran abstraknya dari segi kuantitatif (81%). Berikut disajikan contoh respon jawaban siswa dari perwakilan level kognitif tinggi, pada Gambar 7 berikut ini.

Kode responden : (S.24)

Jawaban problem 2

Diketahui : prisma segitiga } prisma segiempat
AD = 16 dm } p = 16 dm
AC = 8 dm } l = 6 dm
AB = 10 dm } t = 8 dm
CH : HF = 3 : 1

Ditanyakan : Berapa tinggi air jika air
dalam prisma segitiga dipindah
ke dalam prisma segiempat (balok)?

Dijawab :

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= \text{luas alas} \times \text{tinggi} \\ V_1 &= \frac{(8 \times 6)}{2} \times \left(\frac{3}{4} \times 16\right) \\ V_1 &= 24 \times 12 \\ V_1 &= 288 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} V_2 &= p \times l \times t \\ V_2 &= 16 \times 6 \times 8 \\ V_2 &= 768 \end{aligned}$$

Sehingga volume V_1 dibanding $V_2 = \frac{V_1}{V_2}$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi air} &= \frac{V_1}{V_2} \times \text{tinggi balok} \\ &= \frac{288}{768} \times 8 \end{aligned}$$

Jadi T. air pada balok $\Rightarrow \underline{\underline{3 \text{ dm}}}$

Gambar 7. Responjawaban siswa kelompok Atas
(Sumber: Kusmaryono, et al., 2018)

Melalui analisa respon jawaban siswa pada Gambar 7, dapat dideskripsikan bahwa siswa dapat fokus pada lebih dari satu aspek untuk pertanyaan yang saling terkait satu sama lain. Siswa memahami bagaimana membangun keseluruhan dan hubungan antara struktur yang membentuk keseluruhan (Biggs & Tang, 2011). Respon jawaban subject (S.24) pada permasalahan nomor 2 dinyatakan telah mencapai level *extended abstract*.

Berikut disajikan petikan wawancara peneliti (R) terhadap subjek (S.24).

- R : Bagaimana kamu menemukan jawaban ini?
(S.24) : Saya hanya membayangkan bahwa volume air tidak berubah (tetap) yaitu 288 liter.
- R : Strategi apa yang kamu gunakan untuk menyelesaikan masalah?
(S.24) : Saya berpikir bahwa ada perbandingan volume air (V1) dengan (V2)
- R : Apakah jawabanmu logis?
(S.24) : Logis. Karena wadah yang baru lebih besar dan permukaan alasnya lebih besar, sehingga tinggi air akan lebih rendah dari sebelumnya.
- R : Bagaimana kamu membuktikan bahwa jawabanmu benar?
(S.24) : Saya memeriksa ulang langkah-langkah penyelesaian masalah. Kemudian saya menyusun model persamaan volume (V1) dan (V2)

Subyek (S.24) dapat mempertimbangkan karakteristik abstrak dan dapat membuat generalisasi. Subyek (S.24) memahami bahwa setiap konsep dapat memiliki banyak interpretasi konseptual yang lebih luas atau pemahaman konseptual. Subyek (S.24) memecahkan masalah dengan cara yang lebih kreatif. Subjek (S.24), mengambil masalah yang lebih kompleks. Subyek (S.24) telah mampu menggunakan hal-hal abstrak yang tidak tertulis dalam fakta langsung.

Subjek (S.24) dapat melakukan abstraksi yang terkandung dalam masalah dengan sangat baik. Siswa memecahkan masalah dengan cara yang lebih kreatif. Siswa memiliki kecenderungan untuk berpikir "di luar kotak", ditandai oleh kemampuan beradaptasi, fleksibel, dan penggunaan konsep dan generalisasi, dan pemecahan masalah dilakukan dengan menarik kesimpulan logis dari seperangkat pengamatan. Jadi dapat dikatakan bahwa subjek (S.24) telah mengembangkan pemikiran matematika tingkat lanjut (Smith, Wigboldus, & Dijksterhuis, 2008). Berdasar petikan wawancara, dapat dikatakan subjek (S.24) memiliki kemampuan metakognitif yang baik termasuk self regulasi dan mengontrol proses berpikirnya melalui tindakan pengecekan ulang dan refleksi (Lukum, Laliyo, & Sukamto, 2015; Qohar & Sumarmo, 2013).

Berpandu dengan taksonomi SOLO, pada kelompok Atas terdapat respon jawaban mencapai level *extended abstract* 19%. Pada kelompok ini juga terdapat 19% level perkembangan kognitif lainnya (*multi-structural*), siswa masih beroperasi pada tingkat pemikiran kuantitatif pada kemampuan memecahkan masalah nomor tertentu. Beberapa siswa belum beroperasi pada tahap perkembangan kognitif lanjutan (*extended abstract*). Sama halnya yang terjadi pada siswa kelompok Tengah, hasil ini mungkin menunjukkan bahwa siswa tertunda dalam mencapai tingkat yang diharapkan dari perkembangan kognitif berpikir

abstrak dan akan berkembang maksimal di usia remaja (Piaget, 1964). Sedangkan menurut Darwish (2014), remaja secara bertahap mengembangkan kemampuan untuk menggunakan penalaran hipotetis-deduktif, dan memperpanjang pemikiran logis mereka terhadap konsep yang abstrak. Tapi ini tidak berarti tidak akan terjadi perubahan lebih lanjut dalam kognitif mereka (Darwish, 2014). Mereka bisa beralasan apapun, nyata atau dibayangkan, dan memiliki kemampuan untuk menggunakan penalaran ilmiah memecahkan masalah yang relatif kompleks.

Memperhatikan kembali hasil-hasil evaluasi penalaran abstrak siswa pada level kognitif Bawah, Tengah dan Atas dapat dijelaskan bahwa hasil dari tampilan respon jawaban mereka serupa tahapan peningkatan kompleksitas struktur. Ada dua perubahan utama dari pemikiran konkret menuju pemikiran abstrak yaitu (1) tahap kuantitatif (*uni-structural* and *multi-structural*) terjadi pertama, seperti jumlah detail pada respon siswa meningkat dan kemudian mengalami perubahan (2) kualitatif (*relational* and *extended abstract*), karena detail tersebut terintegrasi menjadi pola struktural.

Seperti yang dikemukakan oleh Byrne & Johnson-Laird (1989) "penalaran manusia bergantung pada konstruksi dan manipulasi model mental". Ini mengikuti mekanisme tiga langkah: membangun model berdasarkan hubungan yang dijelaskan dalam premis, menyusun kesimpulan yang mungkin sesuai dengan

model dan akhirnya mencoba untuk memanipulasi kesimpulan dengan membangun model mental alternatif lebih lanjut berdasarkan premis.

Tabel 3. Kemampuan Penalaran Abstrak Siswa

Siswa	Deskripsi kemampuan Penalaran Abstrak
Kelompok Bawah	Kemampuan penalaran siswa baru mencapai tingkat perkembangan kognitif pada pemikiran konkret (kuantitatif). Capaian kemampuan penalaran pada level taksonomi SOLO: <i>multi-structural</i> . Siswa dapat fokus pada lebih dari satu aspek untuk pertanyaan namun tidak dapat saling terkait satu sama lain. Tidak ditemukan adanya siswa yang mencapai tahap kualitatif yaitu pemikiran abstrak. tingkat penalaran berada pada kategori rendah.
Kelaompok Tengah	Perkembangan kognitif siswa berdasar capaian taksonomi SOLO berada di level <i>extended abstract</i> hanya 4%, namun sebesar 39% mereka sudah beroperasi pada tahap perkembangan kognitif kualitatif (<i>relational</i>). Siswa memahami bagaimana membangun keseluruhan dan hubungan antara struktur yang membentuk keseluruhan. Tingkat penalaran kategori sedang atau cukup.
Kelompok Atas	Pada kelompok Atas, kemampuan penalaran abstrak siswa sebanyak 81% telah mencapai tahap kualitatif (<i>relational and extended abstract</i>), sehingga tingkat penalaran termasuk kategori tinggi. Siswa bisa beralasan dengan mempertimbangkan ciri-ciri abstrak dan bisa membuat generalisasi; Siswa dapat melihat topik dari banyak perspektif, berhipotesis, dan membuat generalisasi.

Mengadaptasi hasil temuan sebelumnya, bahwa berpikir konkret mengarah ke pengambilan risiko yang lebih rendah daripada pemikiran abstrak (Lermer et al., 2016). Selanjutnya, saat ini penelitian memperluas temuan sebelumnya: Pertama, tidak dapat disimpulkan pemikiran abstrak atau konkret itu meningkatkan atau menurunkan dalam perilaku pengambilan risiko perseorangan. Tingkat risiko perilaku itu secara deskriptif adanya kecenderungan pengambilan risiko lebih rendah oleh pemikir abstrak dan pengambil risiko yang lebih tinggi oleh pemikir konkret, tetapi perbedaan antara kelompok siswa kondisinya tidak signifikan. Dengan kata lain, hanya ditemukan pada mereka yang menerima pola pikir abstrak atau manipulasi konkret. Kedua, hasil data empiris direplikasi secara baik, ada temuan khusus siswa laki-laki mengambil lebih banyak risiko daripada siswa perempuan. Namun, bahwa perbedaan dalam pengambilan risiko antara kedua jenis kelamin tidak signifikan ketika peserta mengadopsi pola pikir abstrak atau konkret.

5.5 Analisa Perkembangan Kognitif (Penalaran) Siswa

Faktor kognitif mempunyai peranan penting bagi keberhasilan siswa dalam belajar, karena sebagian besar aktivitas dalam belajar selalu berhubungan dengan ide-ide melalui proses berpikir (Goff; Potter and Pierre, 2014). Sedangkan Barnad dan Tall (2002) mengatakan bahwa proses berpikir melibatkan

struktur kognitif manusia. Memperhatikan kembali hasil penelitian ini, dapat disampaikan bahwa perkembangan kognitif daya matematis siswa kelas VIII belum 100% mencapai perkembangan kognitif berpikir abstrak sebagaimana diamanatkan dalam kurikulum 2013. Hasil analisis tes daya matematis dari 60 subjek (siswa) menunjukkan: 7,8% siswa berada pada tingkat *uni-structural*, 25,5% siswa berada pada tingkat *multi-structural*, 50,6% berada pada tingkat *relational*, dan 16,1% berada pada tingkat *extended abstract*. Dimana siswa masih beroperasi pada tingkat pemikiran kuantitatif (konkret) sebesar 33,3% (*uni-structural* dan *multi-structural*) dan tingkat pemikiran kualitatif (abstrak) sebesar 66,6% (*relational* dan *extended abstract*) (Goff, Potter & Pierre, 2014).

Hasil penelitian ini menunjukkan (menyimpulkan) bahwa dalam perkembangan kognitif siswa adanya kesenjangan di tingkat pemikiran abstrak, antara tingkat berpikir saat ini yaitu siswa kelas VIII masih berada pada pemikiran kuantitatif (konkret) dan capaian pembelajaran yang diharapkan dalam kurikulum 2013 yaitu tingkat pemikiran kualitatif (abstrak). Menurut Piaget, pada usia 14 tahun kebanyakan individu harus berada pada level operasional formal (tingkat abstrak). Subjek penelitian ini adalah siswa kelas VIII yang berusia 12 sampai 13 tahun. Sehingga, diartikan bahwa siswa kelas VIII tertunda dalam mencapai tingkat perkembangan kognitif berpikir abstrak yang

diharapkan dan akan berkembang optimal seiring usia bertambah (Joubish & Khurram, 2011; Mascolo & F., 2015; Piaget, 1964; Simatwa, 2010). Memperhatikan situasi ini, kita (peneliti dan guru) harus tetap percaya bahwa perkembangan kognitif siswa masih bisa ditingkatkan melalui proses pembelajaran yang berfokus pada peningkatan daya matematis. Menurut Biggs dan Collis (1982, dalam Biggs & Tang, 2011) menyatakan bahwa tingkatan respon siswa berbeda-beda atau variatif, antara suatu konsep dengan konsep yang lainnya, dan perbedaan antar konsep tersebut tidak akan melebihi tingkat perkembangan kognitif optimal siswa seusianya. Suatu saat siswa menunjukkan tingkat lebih rendah, di saat yang lain siswa menunjukkan tingkat yang lebih tinggi. Hal ini merupakan sifat alami dalam perkembangan siswa.

Pada dasarnya, hasil analisis dan evaluasi perkembangan kognitif (daya matematis) siswa kelas VIII (kelompok Bawah, Tengah dan Atas) terindikasi bahwa, respon jawaban siswa mirip dengan tahap peningkatan kompleksitas struktur. Ada dua perubahan utama dari pemikiran konkret ke pemikiran abstrak yaitu: (1) tahap kuantitatif (*uni-structural* dan *multi-structural*) terjadi pertama, karena jumlah detail dalam respon siswa meningkat dan (2) kemudian berubah secara kualitatif (*relational* dan *extended abstract*)) karena detail diintegrasikan ke dalam pola struktural.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Tingkat Penalaran Abstrak Siswa

Berdasarkan review hasil-hasil penelitian para ahli sebelumnya [Biggs, J., & Tang, C. (2011), Brabrand, C., & Dahl, B. (2009). Datta, S., & Roy, D. D. (2015), Goff; Potter and Pierre. (2014),Korkmaz, F., & Unsal, S. (2017). Potter, M. K., & Kustra, E. (2012)] dan hasil serta pembahasan pada penelitian ini, dapat disampaikan bahwa pemikiran abstrak siswa kelas VIII belum mencapai 100% sesuai harapan dalam standar isi kurikulum Indonesia 2013 yaitu untuk tingkat kelas VIII seharusnya mencapai *extended abstract*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat celah/kesenjangan di tingkat pemikiran abstrak, antara tingkat berpikir saat ini dan capaian pembelajaran yang diharapkan.

Pada kelompok Bawah, kemampuan penalaran siswa baru mencapai tingkat perkembangan kognitif pada pemikiran konkret (kuantitatif) dengan capaian taksonomi SOLO pada level *multi-structural* (75%). Siswa hanya dapat fokus pada lebih dari satu aspek untuk pertanyaan namun tidak dapat saling terkait (tidak dapat menghubungkan) satu sama lain. Tidak ditemukan adanya siswa yang mencapai tahap kualitatif yaitu pemikiran abstrak. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa siswa kelompok Bawah

memiliki tingkat penalaran abstrak pada kategori rendah dimana tingkat perkembangan kognitifnya masih berada pada siklus belajar fase pertama (pemikiran konkrit).

Pada kelompok Tengah, perkembangan kognitif siswa berdasar capaian taksonomi SOLO berada di level *extended abstract* hanya 4%, namun sebesar 39% mereka sudah beroperasi pada tahap perkembangan kognitif kualitatif (*relational*) dengan tingkat penalaran abstrak kategori sedang atau cukup. Siswa dapat fokus pada lebih dari satu aspek untuk pertanyaan dan dapat saling terkait (dapat menghubungkan) satu sama lain. Siswa memahami bagaimana membangun keseluruhan dan hubungan antara struktur yang membentuk keseluruhan. Dengan demikian, penalaran abstrak siswa kelompok Tengah, tingkat perkembangan kognitifnya berada pada fase belajar siklus pertama (pemikiran konkrit) dan fase belajar siklus kedua. Sehingga dapat diartikan penalaran abstrak siswa kelompok Tengah berada pada masa peralihan dari fase belajar siklus pertama (pemikiran konkrit) menuju siklus kedua (pemikiran abstrak).

Pada kelompok Atas, kemampuan penalaran abstrak siswa sebanyak 81% telah berada pada siklus belajar fase kedua yaitu mencapai tahap kualitatif (*relational and extended abstract*). Siswa dapat fokus pada lebih dari satu aspek untuk pertanyaan dan dapat saling terkait (dapat menghubungkan) satu sama lain. Siswa

memahami bagaimana membangun keseluruhan dan hubungan antara struktur yang membentuk keseluruhan. Siswa bisa beralasan dengan mempertimbangkan ciri-ciri abstrak dan bisa membuat generalisasi; Siswa dapat melihat topik dari banyak perspektif, berhipotesis, dan membuat generalisasi. Sehingga disimpulkan tingkat penalaran abstrak siswa kelompok Atas termasuk kategori tinggi.

Secara mendasar hasil analisis penalaran abstrak siswa pada level kognitif Bawah, Tengah dan Atas dapat disimpulkan bahwa dari tampilan respon jawaban mereka serupa tahapan peningkatan kompleksitas struktur. Ada dua perubahan utama dari pemikiran konkret menuju pemikiran abstrak yaitu (1) tahap kuantitatif (*uni-structural* and *multi-structural*) terjadi pertama, seperti jumlah detail pada respon siswa meningkat dan kemudian mengalami perubahan (2) kualitatif (*relational* and *extended abstract*), karena detail tersebut terintegrasi menjadi pola structural (Kusmaryono, Suyitno, Dwijanto, & Dwidayati, 2018).

Secara umum, tingkat capaian pembelajaran siswa kelas VIII dalam memecahkan masalah penalaran matematis ditinjau dari taksonomi SOLO walaupun hanya 66,6% siswa dapat mencapai fase berpikir kualitatif (*relational* dan *extended abstract*), tidak dapat diartikan bahwa siswa yang belum mencapai fase pemikiran kualitatif (abstrak) adalah siswa yang “bodoh”. Menurut Piaget, pada usia 14 tahun sebagian besar

individu harus berada pada tingkat operasional formal (tingkat abstrak) (Piaget, 1964). Namun, belum tercapainya tahap perkembangan kognitif kualitatif (*relational* dan *extended abstract*) secara maksimal, mungkin hal ini menunjukkan bahwa siswa tertunda dalam mencapai tingkat yang diharapkan dari perkembangan kognitif berpikir abstrak (penalaran abstrak) dan akan berkembang kemampuan kognitif seiring usia bertambah. Sehingga, diartikan bahwa siswa kelas VIII tertunda dalam mencapai tingkat perkembangan kognitif berpikir abstrak yang diharapkan dan akan berkembang optimal seiring usia bertambah (Joubish & Khurram, 2011; Mascolo & F., 2015; Piaget, 1964; Simatwa, 2010). Sedangkan menurut Darwish (2014), remaja secara bertahap akan mengembangkan kemampuan untuk menggunakan penalaran abstrak (hipotetis-deduktif), dan memperpanjang pemikiran logis mereka terhadap konsep yang abstrak. Tapi ini tidak berarti tidak akan terjadi perubahan lebih lanjut dalam kognitif mereka (Darwish, 2014).

6.2 Keterbatasan Penelitian

Sebelum generalisasi hasil penelitian ini, pembaca harus diingat keterbatasan penelitian ini. Pertama, untuk menilai penalaran abstrak dan visualisasi spasial, pensil kertas digunakan. Hasilnya akan jauh lebih konkret jika tugas penalaran telah digunakan daripada tes pensil dan kertas. Itu akan

memungkinkan mempelajari bahkan perbedaan dalam strategi yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menghasilkan integrasi yang lebih baik dari hasil sekarang. Inhelder & Piaget telah mempelajari keterampilan spasial dan penalaran abstrak dengan menyediakan tugas-tugas kognitif untuk dipecahkan (1958). Kedua, jumlah subjek penelitian masih sangat kecil dalam penelitian ini, mewakili remaja awal, sehingga menyulitkan proses generalisasi. Penelitian lebih lanjut harus menyelidiki masalah yang sama pada populasi yang lebih besar sehingga dapat mengeksplorasi asosiasi dengan lebih rinci.

Kesimpulannya dapat dikatakan bahwa itu akan terlalu banyak untuk mengklaim bahwa penelitian ini memiliki banyak hal untuk berkontribusi di bidang penelitian dalam proses penalaran, tetapi penelitian ini jelas merupakan langkah kecil dalam memberikan bukti empiris untuk hubungan antara konsep berpikir dan penalaran abstrak serta bagaimana asosiasi ini berkembang untuk membentuk struktur yang terintegrasi selama masa remaja akhir.

6.3 Saran

Dalam rangka pengembangan pemikiran abstrak, semua aspek dalam pembelajaran harus dilakukan selaras dan fokus dengan yang menjadi target dan tujuan pembelajaran sesuai tingkat kelas. Guru harus merancang strategi pengajaran, aktivitas

belajar, penilaian dan sumber daya pendukung untuk membantu siswa mencapai tingkat pemikiran abstrak sesuai tingkat kelas.

6.4 Pernyataan Penutup

Buku telah ini memberi gambaran yang lengkap tentang bagaimana anak-anak belajar dan membentuk representasi penalaran abstrak, dengan implikasi teoritis untuk perkembangan ilmu kognitif serta implikasi praktis untuk pendidikan. Hasil temuan dapat bermanfaat dalam menginformasikan praktik dan kebijakan, yang semakin bergerak menuju pembelajaran berbasis penyelidikan atau investigasi.

Temuan penelitian ini berkontribusi pada pemahaman kita tentang peran penalaran abstrak dan penjelasan untuk belajar secara khusus. Ketika “belajar dengan berpikir,” pembelajar mendapatkan pengetahuan baru dengan melibatkan informasi yang sudah mereka miliki. Fenomena ini menantang data empiris yang digerakkan pandangan tentang akuisisi pengetahuan, di mana pembelajaran hanyalah sebuah fungsi observasi, eksplorasi, dan informasi sosial. Sebaliknya, temuan saat ini memberikan bukti untuk gambaran pembelajaran yang lebih kompleks, di mana proses seperti menjelaskan kepada diri sendiri - atau kesaksian dari orang lain - mempengaruhi data dan teori yang saat ini dipegang untuk menginformasikan penilaian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackerman, R., & Thompson, V. (2014). Meta-Reasoning : What Can We Learn from Meta-Memory ? In *Reasoning as Memory* (pp. 1–26). UK: Psychology Press.
- Aloqaili, A. S. (2012). The relationship between reading comprehension and critical thinking: A theoretical study. *Journal of King Saud University - Languages and Translation*, 24(1), 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.jksult.2011.01.001>
- Amineh, Jafari, R., & Davatgari, H. (2015). Review of Constructivism and Social Constructivism. *Journal of Social Sciences, Literature and Languages*, 1(1), 9–16.
- Aunio, P., & Räsänen, P. (2015). Core numerical skills for learning mathematics in children aged five to eight years – a working model for educators. *European Early Childhood Education Research Journal*, 693(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2014.996424>
- Awofala, A. O. A. (2017). Assessing Senior Secondary School Students' Mathematical Proficiency as Related to Gender and Performance in Mathematics in Nigeria. *International Journal of Research in Education and Science*, 488–488. <https://doi.org/10.21890/ijres.327908>
- Basir, M. A. (2015). Kemampuan penalaran siswa dalam pemecahan masalah matematis. *Jurnal Pendidikan Matematika*, (3), 1. Retrieved from research.unissula.ac.id/file/publikasi/.../905jurnal_edisi_3_no_1_th_2015.pdf%0A
- Basir, M. A., & Maharani, H. R. (2016). Reasoning Ability Students in Mathematics Problems Solving Viewed from Cognitive Style. In *THE 2ND INTERNATIONAL SEMINAR ON EDUCATIONAL TECHNOLOGY 2016* (pp. 99–109). Semarang State University. Retrieved from lib.unnes.ac.id/23583/1/ISET_2016.pdf%0A
- Beyers, J. (2011). Development and evaluation of an instrument to assess prospective teachers' dispositions with respect to

- mathematics. *International Journal of Business and Social Science*, 2(16), 20–33.
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching For Quality Learning At University. Fourth Edition. The Society for Research into Higher Education* (Fourth Edi). Berkshire: McGraw Hill and Open University Press.
- Binod Nepal. (2016). Relationship between Mathematical Thinking and Mathematics Achievement. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)*, 6(6), 46–49. <https://doi.org/10.9790/7388-0606044649>
- Bolton, S., & Hattie, J. (2017). Cognitive and Brain Development: Executive Function, Piaget, and the Prefrontal Cortex. *Archives of Psychology*, 1(3), 1–36. Retrieved from <https://archivesofpsychology.org/index.php/aop/article/.../51>
- Bormanaki, H. B., & Khoshhal, Y. (2017). The Role of Equilibration in Piaget ' s Theory of Cognitive Development and Its Implication for Receptive Skills : A Theoretical Study. *Journal of Language Teaching and Research*, 8(5), 996–1005.
- Brabrand, C., & Dahl, B. (2009). Using the SOLO taxonomy to analyze competence progression of university science curricula. *Higher Education*, 58(4), 531–549. <https://doi.org/10.1007/s10734-009-9210-4>
- Brandimonte, M. A., Bruno, N., & Collina, S. (2006). Cognition. In *Psychological Concepts: An International Historical Perspective*. (2nd ed., pp. 1–22). UK: Psychology Press.
- Brodie, K. (2010). Teaching Mathematical Reasoning in Secondary School Classrooms. In *Teaching Mathematical Reasoning in Secondary School Classrooms* (pp. 1–161). London: Springer Science+Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09742-8>
- BSNP. Salinan Permendikbud R.I. Nomor 64 Tahun 2013. Tentang Standar Isi Pendidikan Dasar dan Menengah., Pub. L. No. 1–114, 1 (2013). Kemendikbud RI. Retrieved from <https://luk.staff.ugm.ac.id/atur/bsnp/Permendikbud64-2013StandarIsi.pdf>

- California State Board of Education. Mathematics Content Standards (1997). Retrieved from <https://www.cde.ca.gov/be/st/ss/.../mathstandards.doc%0A>
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications, Inc. 2455 Teller Road Thousand Oaks, California 91320.
- Darwish, A. H. (2014). The abstract thinking levels of the science-education students in gaza universities. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 15(2), 1–24.
- Collell.G, and Fauquet. J. (2015).Brain activity and cognition: a connection from thermodynamics and information theory. *Journal Front Psychol*. 2015; 6: 818. Published online 2015 Jun 16. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4468356/>
- Datta, S., & Roy, D. D. (2015). Abstract reasoning and Spatial Visualization in Formal. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 5(10), 1–6.
- Debbie Silver. (2011). Using the “Zone” Help Reach Every Learner. *Kappa Delta Pi Record*, 47(1), 28–31. <https://doi.org/10.1080/00228958.2011.10516721>
- Delgado. L.C., and Kobayashi.T. (2011).*Proceedings of the Paralinguistic Information and its Integration in Spoken Dialogue Systems Workshop*. Springer: Science and Business Media.
- Dreyfus, T. (2012). Constructing abstract mathematical knowledge in context. *12Th International Congress on Mathematical Education*.
- Dugan, A. (2006). *Assessing the validity and reliability of a piagetian based paper-pencil test*. Wichita State University. Retrieved from <https://soar.wichita.edu/bitstream/handle/10057/283/t06005.pdf;sequence=3>
- Ernest, P. (1991). What is the Philosophy of Mathematics Education? *Education*, 26(1), 121–126. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9752.1992.tb00272.x>

- Farlex Partner Medical Dictionary. (2012). Abstract thinking | definition of abstract thinking by Medical dictionary. Retrieved December 20, 2017, from <https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/abstract+thinking>
- Fauziah, I., & Mariani, S. (2017). Kemampuan Penalaran Geometris Siswa pada Pembelajaran RME dengan Penekanan Hands on Activity Berdasarkan Aktivitas Belajar Abstrak. *Unnes Journal of Mathematics Education Research*, 6(1), 30–37.
- Feldhaus, C. A. (2014). How Pre Service Elementary School Teachers' Mathematical Dispositions are Influenced by School Mathematics. *American International Journal of Contemporary Research*, 4(6), 91–97. Retrieved from http://www.aijcrnet.com/journals/Vol_4_No_6_June_2014/11.pdf
- Ferri, R. (2012). Mathematical Thinking Styles and Their Influence on Teaching and Learning Mathematics. *Proceedings of International Congress on Mathematical Education*, 12.
- Gilead, M., Liberman, N., & Maril, A. (2014). From mind to matter: Neural correlates of abstract and concrete mindsets. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(5), 638–645. <https://doi.org/10.1093/scan/nst031>
- Goff; Potter and Pierre. (2014). Learning Outcomes Assessment. In *Learning Outcomes Assessment: A PRACTITIONER HANDBOOK* (pp. 1–64). Ontario: Higher Education Quality Council of Ontario. Retrieved from www.heqco.ca/.../heqco.loahandbook_eng_2015.pdf
- Goff, L., Potter, K. M., & Pierre, E. (2014). Learning Outcomes Assessment : A Practitioner's Handbook. In *Higher Education Quality Council of Ontario. Handbook.pdf* (pp. 1–64). Higher Education Quality Council of Ontario.
- Gopnik, A., & Wallman, Henry M. (2013). Reconstructing Constructivism: Causal Models, Bayesian Learning Mechanisms, and the Theory Theory. *Psychological Bulletin*, 138(8), 85–108.
- Gray, E., & Tall, D. (2007). Abstraction as a Natural Process of Mental Compression. *Mathematics Education Research*

- Journal*, 19(2), 23–40. Retrieved from
citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1...%0A%0A
- Joubish, M. F., & Khurram, M. A. (2011). Cognitive Development in Jean Piaget's Work and its Implications for Teachers. *World Applied Sciences Journal*, 12(8), 1260–1265. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/4d5b/346602122c634fba7bb9535cd1db18018b48.pdf>
- Judith Greene. (2015). *Memory, Thinking and Language*. (P. Herriot, Ed.) (2005th ed.). Methuen London and New York: The Taylor & Francis e-Library. Retrieved from www.cee.uma.pt/.../Greene - Memory, thinking...
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics*. (N. R. C. Mathematics Learning Study Committee, Ed.). National Research Council.
- Komala, E. (2018). Analysis of Students' Mathematical Abstraction Ability By Using Discursive Approach Integrated Peer Instruction of Structure Algebra Ii. *Infinity Journal*, 7(1), 25–34. <https://doi.org/10.22460/infinity.v7i1.p25-34>
- Korkmaz, F., & Unsal, S. (2017). Analysis of Attainments and Evaluation Questions in Sociology Curriculum according to the SOLO Taxonomy. *Eurasian Journal of Educational Research*, 17(69), 75–92. <https://doi.org/10.14689/ejer.2017.69.5>
- Kuldass, S., Ismail, H. N., Hashim, S., & Bakar, Z. A. (2013). Unconscious learning processes: mental integration of verbal and pictorial instructional materials. *SpringerPlus_a Springer Open Journal*, 2(1), 105–121. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-105>
- Kusmaryono, I., Suyitno, H., Dwijanto, D., & Dwidayati, N. (2018). Analysis of Abstract Reasoning from Grade 8 Students in Mathematical Problem Solving with SOLO Taxonomy Guide. *Infinity Journal of Mathematics Education*, 7(2), 69–82. <https://doi.org/10.22460/infinity.v7i2.p69-82>
- Kusmaryono, I., Suyitno, H., Dwijanto, D., & Dwidayati, N. (2018). Analysis of Students' Incorrect Answers in Mathematical

- Power Test Based on SOLO Taxonomy. *Journal Pengajaran MIPA*, 23(1). <https://doi.org/10.1063/1.4994416>
- Kusmaryono, I., Suyitno, H., Dwijanto, D., & Dwidayati, N. K. (2018). Developing Assessment Instrument as a Mathematical Power Measurement. *Journal of Education and Learning*, 12(3), 382–391. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v12i3.7343>
- Kuswana, W.S.(2013). *Taksonomi Berpikir*. Bandung: PT. Remaja Rosda Karya.
- Loftin, M., (2018). *Immersive Learning Research Network: 4th International Conference, iLRN 2018*. Missoula, MT. USA., June 24-29, 2018.
- Lauenroth, A., Ioannidis, A. E., & Teichmann, B. (2016). Influence of combined physical and cognitive training on cognition: a systematic review. *BMC Geriatrics*, 16(141), 1–14.
- Lerner, E., Streicher, B., Sachs, R., Raue, M., & Frey, D. (2016). The Effect of Abstract and Concrete Thinking on Risk-Taking Behavior in Women and Men. *SAGE Open*, 6(3). <https://doi.org/10.1177/2158244016666127>
- Liu, C. H., & Matthews, R. (2005). Vygotsky's philosophy: Constructivism and its criticisms examined. *International Education Journal*, 6(3), 386–399. <https://doi.org/ISSN:1443-1475>
- Lukum, A., Laliyo, L. A. R., & Sukamto, K. (2015). Metakognisi Mahasiswa Dalam Pembelajaran Kesetimbangan Kimia. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 21(1), 9–18.
- MacGregor, J. C. D. (2013). Perceiving low self-esteem in close others impedes capitalization and undermines the relationship. *Personal Relationship*, 20(4), 690–705.
- Markovits, H., Thompson, V. A., & Brisson, J. (2015). Metacognition and abstract reasoning. *Memory and Cognition*, 43(4), 681–693. <https://doi.org/10.3758/s13421-014-0488-9>
- Mascolo, M. F., & F., M. (2015). Neo-Piagetian Theories of Cognitive Development. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 501–510). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.23097-3>

- Mason, J., Burton, L., & Stacey, K. (2012). *Thinking mathematically* ((second ed). Pearson - Harlow.: Pearson - Harlow.
- Miles, M. B., & Huberman, M. A. (2012). *Analisis Data Kualitatif: Buku Sumber Tentang Metode-Metode Baru*. Universitas Indonesia_UI Press (11th ed.). Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Mitchelmore, M., & White, P. (2007). Abstraction in Mathematics Learning. *Mathematics Education Research Journal*, 19(2), 1–9. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/8a52/1621abd6ef6476ef2180a201e7874b6d4d12.pdf>
- NCTM. (2000a). *Principles and standards for school mathematics*. Reston. VA:NCTM.
- NCTM. (2000b). *Procedural Fluency in Mathematics*. Reston. Retrieved from <https://www.nctm.org/.../Procedural-Fluency-in-Mathematics...>
- Nickerson, S. D., & Masarik, D. K. (2010). Assessing Teachers' Developing Interpretive Power: Analysing Student Thinking. *Mathematics Teacher Education and Development*, 12, 19–29.
- NRC: Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics. In Mathematics Learning Study Committee (Ed.), *National Research Council* (pp. 1–462). National Academies Press.
- Ojose, B. (2008). Applying Piaget ' s Theory of Cognitive Development to Mathematics Instruction. *Journal The Mathematics Educator*, 18(1), 26–30.
- OSTLER, E. (2011). Teaching Adaptive and Strategic Reasoning Through Formula Derivation: Beyond Formal Semiotic. *Sutra: International Journal of Mathematics Science Education*, 4(2), 16–26. Retrieved from www.tmrfindia.org/sutra/v4i22.pdf%0A
- Panjaitan, B. (2015). Karakteristik Metakognisi Siswa. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 21(1), 19–28.
- Piaget, J. (1964). Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3), 176–186.

<https://doi.org/10.1002/tea.3660020306>

- Potter, M. K., & Kustra, E. (2012). A Primer on Learning Outcomes and the SOLO Taxonomy. *Course Design for Constructive Alignment*, (Winter 2012), 1–22.
- Purnomo, Y. W. (2015). Pengembangan Desain Pembelajaran Berbasis Penilaian Dalam Pembelajaran Matematika. *Cakrawala Pendidikan*, 2(2), 115–142.
- Qohar, A., & Sumarmo, U. (2013). Improving Mathematical Communication Ability and Self Regulation Learning Of Yunior High Students by Using Reciprocal Teaching. *IndoMS Journal on Mathematics Education*, 4(1), 59–74.
- Rahman, A., & Saleh Ahmar, A. (2016). Exploration of mathematics problem solving process based on the thinking level of students in junior high school. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(14), 7278–7285.
- Rizal, M., Budayasa, K., Lukito, A., & Siswono, E. (2012). Proses Berpikir Siswa SD Dalam Melakukan Estimasi masalah berhitung Berdasarkan Jenis Kelamin. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 18(1), 48–57.
- Sabri. (2009). Berpikir Matematis untuk Pemahaman pada Tingkat Kesadaran. *Review of Educational Research*, 19(1), 1–11.
- Sansome, E. J. (2016). *Building teachers ' pedagogy practices in reasoning , to improve students ' dispositions towards mathematics.*
- Serdyukov, P. (2017). Innovation in education: what works, what doesn't, and what to do about it? *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 10(1), 4–33.
- Seth Duncan & Lisa Feldman Barrett (2007) Affect is a form of cognition: A neurobiological analysis. *Journal Cognition and Emotion*, 21(6), 1184-1211, DOI: [10.1080/02699930701437931](https://doi.org/10.1080/02699930701437931)
- Shatil, E. (2013). Does combined cognitive training and physical activity training enhance cognitive abilities more than either alone? *Aging Neurosci.*, 5(8), 1689–1699. <https://doi.org/doi:10.3389/fnagi.2013.00008>
- Shen, C. Y., & Liu, H. C. (2011). Metacognitive skills development: A

- web-based approach in higher education. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(2), 140–150.
<https://doi.org/10.1007/s12192-018-0910-5>
- Simanjuntak, M. V., Abdullah, A. G., & Maulana, I. (2018). Promoting middle school students' abstract- thinking ability through cognitive apprenticeship instruction in mathematics learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 948(12051), 0–4.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/948/1/012051>
- Simatwa, E. M. W. (2010). Piaget's theory of intellectual development and its implication for instructional management at pre- secondary school level. *Education Research Andd Reviews*, 5(July), 366–371.
- Stacy, K. (2007). *What Is Mathematical Thinking and Why Is It Important* (Apec 2007). Tsukuba. Retrieved from [www.criced.tsukuba.ac.jp/math/apec/.../Kaye Stacey.pdf](http://www.criced.tsukuba.ac.jp/math/apec/.../Kaye%20Stacey.pdf)
- Staub, F. C., & Stern, E. (1997). Abstract reasoning with mathematical constructs. *International Journal of Educational Research*, 27(1), 63–75. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(97\)88444-3](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(97)88444-3)
- Sumarmo, U., Hidayat, W., Zukarnaen, R., Hamidah, & Sariningsih, R. (2012). Kemampuan dan Disposisi Berpikir Logis, Kritis, dan Kreatif Matematik. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 17, 17–33.
<https://doi.org/10.18269/jpmipa.v17i1.228>
- Susac, A., Bubic, A., Urbanc, A., & Planinic, M. (2014). Development of abstract mathematical reasoning: the case of algebra. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(September), 1–10.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00679>
- Tall, D. (2008). The Transition to Formal Thinking in Mathematics. *Mathematics Education Research Journal*, 20(2), 5–24.
<https://doi.org/10.1007/BF03217474>
- Tan, I. G.-C., Sharan, S., & Lee, C. K.-E. (2007). Group Investigation Effects on Achievement, Motivation, and Perceptions of Students in Singapore. *The Journal of Educational Research*, 100(3), 142–154.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3200/JOER.100.3.142-154>

- Watson, K. L. (2015). *Examining the Effects of College Algebra on Students' Mathematical Dispositions*. *All Theses and Dissertations*. *BYU Scholar Archive*. Brigham Young University. Retrieved from <https://scholarsarchive.byu.edu/etd/5601>
- Woolfolk, A. (2008). *Educational Psychology, Active Learning*. In *Upper Saddle River, New Jersey: Pearson*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson.
- Yumiati, & Noviyanti, M. (2017). Abilities of Reasoning and Mathematics Representation on Guided Inquiry Learning. *Journal of Education and Learning*, 11(3), 283–290.

GLOSARIUM

Kognisi adalah tindakan atau proses mengumpulkan pengetahuan (melalui persepsi, pengalaman, keyakinan, ...) dan kemudian mengingatnya ketika diperlukan (Brandimonte et al., 2006).

Proses kognitif sebagai prosedur yang kita gunakan untuk menggabungkan pengetahuan baru dan membuat keputusan berdasarkan pengetahuan tersebut (Lauenroth et al., 2016).

Ilmu kognitif adalah ilmu yang berhubungan dengan proses kognisi dan yang mendasari dalam proses algoritma (Lauenroth et al., 2016)

Berpikir merupakan suatu kegiatan mental yang melibatkan kerja otak (Nickerson & Masarik, 2010).

Berpikir matematis sebagai proses mental, yang berisi setidaknya satu dari kegiatan yang berhubungan dengan matematika seperti penalaran, pengabstrakan (abstraksi), menduga, merepresentasikan, memvisualisasikan, menganalisis, mensintesis, menghubungkan, generalisasi, dan pembuktian (Binod Nepal, 2016).

Abstraksi adalah proses membangun pengetahuan matematika yang berkelanjutan dari konkrit ke abstrak (Mitchelmore & White, 2007).

Konstruksi pengetahuan adalah kegiatan atau proses mental seorang siswa dalam menemukan dan mengubah informasi yang diperoleh sehingga terbentuk pemahaman atau tafsiran secara menyeluruh tentang suatu pengetahuan (Kuldas et al., 2013).

Proses konstruksi pengetahuan adalah suatu cara atau langkah-langkah yang dilakukan seorang siswa untuk membangun pengetahuannya, yang berlangsung melalui dua proses konstruktif yakni: proses asimilasi dan proses akomodasi (Bormanaki & Khoshhal, 2017; Kuldas et al., 2013).

Penalaran adalah proses berpikir yang bertolak dari pengamatan-pengamatan empirik yang menghasilkan sejumlah konsep dan pengertian (Judith Greene, 2015).

Penalaran abstrak mengacu pada kemampuan untuk menganalisis informasi, mendeteksi pola dan hubungan, dan memecahkan masalah pada tingkat yang kompleks (Datta & Roy, 2015; Markovits, Thompson, & Brisson, 2015).

Metakognisi mengacu pada proses memantau proses pemikiran kita yang sedang berlangsung dan mengendalikan sumber daya mental (Chen & Liu, 2011).

ZPD (*Zona Proxima Development*) sebagai jarak antara tingkat perkembangan yang sebenarnya sebagaimana ditentukan oleh pemecahan masalah independen dan tingkat perkembangan potensial sebagaimana ditentukan melalui pemecahan masalah di bawah bimbingan orang dewasa, atau dalam bekerja sama dengan

rekan-rekan yang lebih cakap (L.S. Vygotsky: Mind in Society: Development of Higher Proses Psikologis)

Taksonomi SOLO adalah alat yang penting dalam menilai pengetahuan dan keterampilan siswa, dengan menguji jawaban secara mendalam (Biggs & Tang, 2011).

Kecerdasan verbal adalah kemampuan untuk menganalisis informasi dan menyelesaikan masalah menggunakan penalaran berbasis bahasa.

Tugas verbal adalah pekerjaan yang kita lakukan dengan melibatkan, memanipulasi, atau menggunakan kata-kata.

INDEKS

Abstraksi, 1, 2, 13, 14,

Belajar, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 12, 14, 15,

Berpikir, 1, 2, 3, 7, 12, 13, 14, 15, 16,

 Berpikir abstrak, 12, 13, 14, 15, 18, 19

 Berpikir matematis, 1, 2, 12, 13,

Extended abstract, 54, 55, 58, 77, 78, 80

Kognisi, 3, 4, 5, 9

Kognitif, 1,2,3,4,5,6,7

Metakognisi, 36

Multi-structural, 53, 55, 62, 63, 64, 70, 77, 78

Penalaran, 1, 5, 6, 7, 9, 10, 70

 Penalaran abstrak, 10, 11, 12, 18, 19, 20, 21, 29, 30, 31,

Pre-structural , 54, 62,

Relational, 53, 55, 57, 77, 78

Respon jawaban , 10, 71,72,73,74

Taksonomi, 52

 Taksonomi SOLO , 10, 51, 52, 53, 54

Uni-structural, 53, 55, 62, 77, 78

BIOGRAFI PENULIS



Imam Kusmaryono, dosen Program Studi Pendidikan Matematika FKIP UNISSULA yang tak lama lagi menyandang gelar Doktor ini sangat produktif berkarya baik dalam bentuk tulisan di jurnal nasional dan internasional juga penulisan buku. Dalam delapan tahun terakhir berkecimpung di perguruan tinggi telah berhasil menulis 9 judul buku ISBN: buku ajar, buku referensi, buku monograf, buku ilmiah populer, buku sekolah dll.



M. Abdul Basir, dosen muda Program Studi Pendidikan Matematika FKIP UNISSULA yang memiliki semangat tinggi dalam berkarya. Ketertarikan di dunia matematika menjadikan kajian psikologi kognitif dalam pembelajaran matematika yang merupakan konsentrasi bidang penelitian dalam menyelesaikan studi program doktor.