

Model PBL Berpedoman Asesmen Dinamis Matematika Berbantuan E- Modul dalam Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis

Indra Lesmana^{1✉}, Kartono², dan Walid³

^{1,2,3}Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Semarang Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 24 Nov 2022
Direvisi 22 Sept 2023
Disetujui 16 Nov 2023

Keywords:

Critical thinking, Problem based learning, Mathematical dynamic assessment, E-Module

Paper type:

Research paper

Abstract

The aims of this research was to identify learning difficulties in mathematics and evaluate the PBL model with an E-Modul assisted mathematical dynamic assessment guideline. This research is mixed methods research with a sequential exploratory model, which was carried out on class X SMA N 1 Bulakamba students with a sample of class X MIPA 1, totaling 36 students . The first research phase was qualitative research that produced an instructional hypothesis based on a dynamic mathematical assessment. The results of this hypothesis will be used as a reference in designing the PBL model and E-Module as the next instructional instruction. The second research phase was a quantitative research and results in an evaluation of the application of the PBL and E-Modul models to critical thinking skills. The tests carried out include one sample comparison test (t test) and proportion test. The results showed that the average critical thinking ability of students after learning with the PBL model guided by the dynamic assessment of mathematics assisted by E-Modules exceeded the KKM (minimum completeness criteria) 70, the proportion of students' critical thinking skills completeness exceeded 75%, and students' abilities in the scope of representation and abstract with the category of mastering. or very mastered increased by 99.44% and 66.66%, respectively.

Abstrak

Kemampuan berpikir kritis merupakan salah satu kemampuan yang penting bagi siswa dan direkomendasikan oleh *The Partnership for 21st Century Skills* (P21). Namun, berdasarkan hasil skor PISA dan TIMSS menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia dalam bidang matematika masih tergolong rendah. Penelitian ini merupakan penelitian *mixed methods* dengan model *sequential exploratory* dan bertujuan mengidentifikasi kesulitan belajar matematika serta mengevaluasi model PBL dengan pedoman asesmen dinamis matematika berbantuan E-Modul. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas X SMA N 1 Bulakamba, dengan sampel kelas X MIPA 1 yang berjumlah 36 siswa. Tahap penelitian pertama merupakan penelitian kualitatif yang menghasilkan hipotesis instruksional berdasarkan asesmen dinamis matematika. Hasil hipotesis ini akan digunakan sebagai acuan dalam mendesain model PBL dan E-Modul sebagai instruksi pembelajaran selanjutnya. Tahap penelitian kedua merupakan penelitian kuantitatif dan menghasilkan evaluasi penerapan model PBL dan E-Modul terhadap kemampuan berpikir kritis. Uji yang dilakukan meliputi uji banding satu sampel (uji t) dan uji proporsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa setelah melakukan pembelajaran dengan model PBL berpedoman asesmen dinamis matematika berbantuan E-Modul melebihi KKM 70, proporsi ketuntasan kemampuan berpikir kritis siswa melebihi 75%, serta kemampuan siswa dalam ranah representasi dan abstrak dengan kategori menguasai atau sangat menguasai mengalami peningkatan masing-masing sebesar 99,44% dan 66,66%.

© 2023 Universitas Muria Kudus

✉Alamat korespondensi:

Program Studi Pendidikan Matematika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muria Kudus
Kampus UMK Gondangmanis, Bae Kudus Gd. L. It I PO. BOX 53 Kudus
Tlp (0291) 438229 ex.147 Fax. (0291) 437198
E-mail: indra.hajime@students.unnes.ac.id

p-ISSN 2615-4196
e-ISSN 2615-4072

PENDAHULUAN

Abad 21 merupakan abad keterbukaan yang menuntut kualitas pada hampir semua lini kehidupan. Abad 21 juga memiliki perbedaan dalam beberapa hal dengan abad-abad sebelumnya. Perbedaan tersebut di antaranya dalam hal pekerjaan, pola hidup bermasyarakat, dan aktualisasi diri sebagai bentuk eksistensi (Wijaya, Sudjimat, dan Nyoto, 2016). Tantangan dalam menghadapi abad 21 menjadi salah satu isu utama dalam dunia pendidikan. Pendidikan merupakan usaha yang terencana guna menumbuhkan kegiatan belajar agar siswa aktif dalam menumbuhkan potensi dirinya (Fadzillah, Purwaningrum, & Wanabuliandari, 2020). Pendidikan mampu mengubah pola pikir dengan cara pengajaran dan pelatihan dalam menumbuhkan wawasan agar siswa menjadi lebih aktif pada perkembangan pola pikirnya (Aulya & Purwaningrum, 2021). Guru memiliki peran dalam dunia pendidikan guna mencapai tujuan pembelajaran yang diinginkan. (Fahma & Purwaningrum, 2021). Ketika proses pembelajaran guru memiliki tugas penting untuk menumbuhkembangkan siswa dengan cara membuat kegiatan pembelajaran yang bermutu (Imelda, Bintoro, & Purwaningrum, 2021). Guna dapat mempunyai kemampuan dalam mendapatkan, menumbuhkan, dan memanfaatkan informasi siswa harus dibekali guna menjadi lebih baik dari keadaan sekarang ini yang persaingan (Khasanah & Purwaningrum, 2023).

The Partnership for 21st Century Skills (P21) telah mengembangkan *framework* pembelajaran abad 21 yang berisikan pengetahuan, kemampuan, dan keterampilan yang harus siswa miliki agar berhasil dalam dunia kerja dan kehidupan (*Framework for 21st century learning*, 2015). Kemampuan ini kemudian dikenal dengan istilah *4C's*, yang meliputi *Communication, Collaboration, Critical Thinking and Problem Solving*, dan *Creativity and Inovation*. Karenanya, pembelajaran hendaknya dirancang agar dapat menghasilkan lulusan yang adaptif terhadap tuntutan abad 21 (Priatna, Lorenzia, dan Widodo, 2020).

Wakano, Isnaeni, Ahmadi (2022) dan Firdaus (2015) menyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis (*Critical Thinking*) merupakan salah satu kemampuan yang penting untuk siswa kuasai. Kemampuan ini juga sesuai dengan karakter matematika yang deduktif aksiomatik, di mana kebenaran dalam matematika didasarkan pada kebenaran-kebenaran sebelumnya. Menurut Hudojo (1988), aksioma-aksioma yang digunakan untuk menyusun sistem dalam

matematika akan menentukan bentuk sistem matematika itu sendiri. Fisher (2001) menyatakan bahwa berpikir kritis adalah proses disiplin intelektual yang secara aktif dan terampil mengonseptualisasikan, menerapkan, menganalisis, mensintesis, dan/atau mengevaluasi informasi yang dikumpulkan atau dihasilkan melalui pengamatan, pengalaman, refleksi, penalaran, atau komunikasi, sebagai panduan bagi sesuatu yang diyakini dan panduan bagi tindakan yang akan dilakukan.

Setidaknya ada dua alasan yang menjadikan kemampuan berpikir kritis menjadi sangat penting. Pertama, berpikir kritis penting dalam mengembangkan keterampilan berpikir karena merupakan keterampilan untuk membuat keputusan dan menyelesaikan masalah. Kedua, berpikir kritis tergolong dalam keterampilan berpikir tingkat tinggi, yang didefinisikan sebagai pemikiran reflektif dan logis, berfokus pada membuat keputusan tentang apa yang dipercayai dan yang harus dilakukan (Ms., Herman, dan Dahlan, 2017).

Berpikir kritis memiliki cakupan yang cukup luas dalam pengembangannya sehingga memuat begitu banyak indikator. Karenanya, Perkins dan Murphy (2006) mengembangkan tahapan berpikir kritis dengan tetap memperhatikan esensi proses pengembangan kemampuan berpikir kritis, meliputi (1) *Clarification*; (2) *Assessment*; (3) *Inference*; dan (4) *Strategies*.

Kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran matematika di Indonesia pada kenyataannya masih tergolong rendah. Hal ini setidaknya bisa dilihat dari hasil studi PISA yang menyatakan bahwa rata-rata skor matematika siswa Indonesia pada tahun 2018 adalah 379, berada di bawah rata-rata skor negara peserta OECD (Pratiwi, 2019), dan hasil survey TIMMS yang menempatkan pencapaian hasil belajar matematika siswa Indonesia pada urutan 44 dari 49 negara (Nizam, 2016). Tidak jauh berbeda dengan hasil-hasil di atas, kemampuan berpikir kritis siswa SMA N 1 Bulakamba juga masih tergolong rendah. Hal ini dapat dilihat berdasarkan rata-rata nilai Ujian Nasional (UN) tahun 2019 untuk mata pelajaran matematika, yaitu 34,12 untuk program IPA maupun IPS. Hasil ini masih berada di bawah capaian rata-rata untuk kabupaten, provinsi, dan nasional untuk program IPA, sedangkan rata-rata untuk program IPS tercatat hanya berada sedikit di atas rata-rata kabupaten. Seperti diketahui, bahwa tipe soal UN beberapa tahun terakhir telah menyertakan soal-soal yang memerlukan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills*),

sehingga pengerjaannya memerlukan kemampuan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah.

Pembelajaran yang mengupayakan terwujudnya kemampuan berpikir kritis harus senantiasa memperhatikan keaktifan intelektual siswa, karena kegiatan berpikir bertujuan untuk menemukan solusi atas masalah yang diberikan dengan mengaktifkan perspektif unik setiap siswa (Nur, Kartono, Zaenuri, dan Rochmad, 2022). Salah satu model pembelajaran yang mengutamakan peran aktif siswa sehingga dinilai mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis adalah *Problem Based Learning* (PBL). PBL merupakan model pembelajaran yang berpusat pada siswa, dengan strategi penggunaan masalah yang relevan dan sering digunakan untuk meningkatkan interaksi dalam mencapai pemikiran yang lebih tinggi (Torp, Linda; Sage, 1998). Sementara itu, Masrukan (2017) menyatakan bahwa ada lima langkah pokok untuk mengembangkan model PBL dalam pembelajaran yang meliputi (1) orientasi masalah; (2) pengorganisasian individu/kelompok dalam belajar; (3) pembimbingan; (4) pengembangan dan penyajian hasil belajar; dan (5) analisis dan evaluasi.

Selain penerapan model PBL, penggunaan modul dalam pembelajaran juga dinilai dapat membantu. Untuk menyesuaikan dengan perkembangan teknologi yang terjadi, dalam penerapannya modul yang digunakan sering kali didesain dalam bentuk digital atau biasa disebut sebagai E-Modul. E-Modul dapat dimaknai secara sederhana sebagai suatu bentuk teknologi dalam multimedia yang bisa digunakan sebagai sumber belajar yang lebih baik dari sekedar modul media cetak biasa (Solihudin JH, 2018). Lebih rinci lagi, Ririn (2020) menyatakan bahwa E-Modul merupakan bahan ajar yang dikemas secara elektronik dan tersusun secara sistematis baik dalam bentuk tulisan, audio, animasi, dan navigasi. Fatchurrohman, Mulyono, dan Rosyida (2022) mengungkapkan bahwa penggunaan E-Modul yang didukung dengan teknologi yang tepat dapat mendukung tercapainya tujuan pembelajaran dan meningkatkan kemampuan literasi. Penerapan PBL dan penggunaan E-Modul tentunya akan memberikan pendekatan yang lebih menantang, di mana pembelajaran yang berpusat pada siswa dan berbasis masalah dapat dilihat pada aplikasi seluler misalnya. Rachmantika, Waluya, Isnarto (2022), Munahefi, Kartono, Waluya, Dwijanto (2022), Ismail, Harun, Zakaria, dan Salleh, (2018) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis masalah yang diintegrasikan ke dalam suatu

aplikasi seluler telah memberikan daya tarik bagi siswa untuk terlibat aktif dalam pembelajaran, sehingga secara tidak langsung dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, termasuk kemampuan berpikir kritis dan berpikir kreatif.

Masalah yang dikembangkan dalam PBL biasanya merupakan masalah yang sengaja guru pilih tanpa melibatkan minat dan pengalaman siswa, sehingga diperlukan suatu bentuk asesmen diagnosis untuk mendesain masalah dalam PBL. Asesmen dinamis matematika merupakan salah satu bentuk asesmen interaktif informal yang dapat digunakan untuk merancang model PBL yang akan digunakan. Asesmen dinamis matematika dalam penelitian ini merujuk pada langkah-langkah asesmen berdasarkan penelitian Allsopp et al. (2008) yang meliputi (1) asesmen minat dan pengalaman siswa; (2) penilaian konteks autentik (representasi dan abstrak); (3) analisis pola kesalahan; dan (4) wawancara fleksibel.

Asesmen dinamis yang dilakukan akan menghasilkan hipotesis instruksional. Hipotesis ini akan memberikan rambu-rambu dalam penyusunan instruksi pembelajaran selanjutnya (PBL dan E-M). Menurut Allsopp et al. (2008), hipotesis instruksional asesmen dinamis matematika meliputi (1) ide matematika yang tercermin dalam konsep/tugas; (2) apa yang tidak diketahui/tidak dapat dilakukan siswa; (3) apa yang diketahui/dapat dilakukan siswa; dan (4) diagnosis ketidakmampuan siswa.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian campuran (*mixed methods*). Sementara model *mixed methods* yang dipilih adalah model *sequential exploratory* yang menggabungkan dua metode secara simultan, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif dengan strategi *posttest-only control design*. Penelitian dilakukan pada siswa kelas X SMA N 1 Bulakamba dengan sampel kelas X MIPA 1 yang berjumlah 36 siswa yang akan melakukan pembelajaran model PBL dengan pedoman asesmen dinamis matematika berbantuan E-Modul.

Tahap penelitian pertama merupakan penelitian kualitatif yang bertujuan mengidentifikasi permasalahan pembelajaran matematika dan kesulitan belajar siswa. Sampel kelas diberikan penilaian harian berupa soal mengenai fungsi (fungsi linear, fungsi kuadrat, fungsi rasional, yang secara formal yang meliputi notasi, domain, range, ekspresi simbolik, sketsa grafik serta asimtot). Soal penilaian harian ini

akan dievaluasi berdasarkan indikator/tahap berpikir kritis dan asesmen dinamis matematika untuk mendiagnosis dan mengidentifikasi kesulitan belajar siswa.

Asesmen dinamis matematika yang dilakukan meliputi: (1) Asesmen minat dan pengalaman siswa dengan tujuan untuk menciptakan situasi belajar yang menarik berdasarkan minat dan pengalaman bermakna siswa yang kemudian dikorelasikan dengan konsep/keterampilan matematika yang akan disampaikan; (2) Penilaian pada ranah representasi, dan abstrak. Penilaian ini akan memetakan kondisi pemahaman siswa pada masing-masing ranah, yaitu representasi dan abstrak berdasarkan tingkatan/kategori sangat menguasai, menguasai, dan kurang menguasai; (3) Analisis pola kesalahan. Analisis pola kesalahan akan memberikan informasi mengenai pemahaman konsep matematika siswa melalui pemilihan strategi yang digunakan saat melakukan pemecahan masalah. Instruksi pembelajaran selanjutnya dapat dibuat berdasarkan pola kesalahan yang umum terjadi maupun berdasarkan pola kesalahan individu yang konsisten dilakukan; (4) Wawancara fleksibel. Wawancara fleksibel dapat memberikan informasi mengenai bagaimana siswa berpikir, di mana tidak semua informasi dapat diperoleh berdasarkan jawaban tertulis siswa. Keempat langkah asesmen ini akan menghasilkan hipotesis instruksional dan akan digunakan sebagai dasar penyusunan PBL dan E-Modul yang akan digunakan pada penelitian tahap selanjutnya.

Tahap penelitian kedua merupakan penelitian kuantitatif yang bertujuan untuk mengevaluasi penerapan model PBL dengan pedoman asesmen dinamis matematika berbantuan E-Modul terhadap kemampuan berpikir kritis. Pada akhir pembelajaran, sampel kelas diberikan tes kemampuan berpikir kritis (TKBK) dengan pokok bahasan trigonometri. Uji yang dilakukan terhadap hasil TKBK meliputi:

Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data berasal dari populasi yang berdistribusi normal ataukah tidak. Uji ini dilakukan dengan bantuan *software R* dengan menggunakan Uji Shapiro-Wilk. Hipotesis dalam uji normalitas adalah

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Dengan mengambil taraf signifikansi 5%, kriteria uji yang digunakan adalah tolak H_0 jika *p-value* lebih kecil dari 0,05 dan terima H_0 jika sebaliknya (Suhartono, 2008).

Uji Rata-rata

Uji rata-rata dilakukan untuk mengetahui apakah rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa telah mencapai ketuntasan belajar dengan kriteria ketuntasan minimum (KKM) 70. Uji rata-rata dilakukan dengan menggunakan uji banding satu sampel. Hipotesis yang adalah

$H_0 \leq 70$ (rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa kurang dari atau sama dengan 70)

$H_1 > 70$ (rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa lebih dari 70)

Taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 5\%$, dengan kriteria uji tolak H_0 jika $t \geq t_{1-\alpha}$ dan terima H_0 dalam hal lainnya.

Kriteria pengujian didapat dari daftar distribusi Student t dengan $dk = (n-1)$ dan peluang $(1 - \alpha)$

(Sudjana, 2005).

Uji Ketuntasan Klasikal

Uji ketuntasan klasikal dilakukan untuk mengetahui apakah rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa telah mencapai ketuntasan klasikal. Hipotesis yang digunakan adalah

$H_0 : \pi \leq 75\%$ (proporsi ketuntasan berpikir kritis siswa mencapai kurang dari atau sama dengan 75%)

$H_1 : \pi > 75\%$ (proporsi ketuntasan berpikir kritis siswa mencapai lebih dari 75%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tahap Penelitian Pertama

Tahap penelitian pertama memberikan data hasil penilaian harian dan hasil asesmen dinamis matematika. Rangkuman hasil penilaian harian disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Rangkuman Data Hasil Penilaian Harian

Siswa	Rata-rata	Nilai Maks	Nilai Minim	Tuntas	% Tuntas
36	51,47	84	13	8	22,22 %

Berdasarkan Tabel 1 di atas diperoleh informasi bahwa dari jumlah 36 siswa, hanya 8 siswa yang mendapatkan nilai mencapai KKM atau melebihi KKM, sementara KKM yang ditetapkan adalah 70. Ini berarti bahwa hasil

penilaian harian belum mencapai ketuntasan klasikal, yaitu proporsi ketuntasan melebihi 75%.

Hasil penilaian harian ini kemudian dijadikan dasar untuk melakukan asesmen dinamis matematika. Asesmen ini dilakukan untuk mendiagnosis dan mengidentifikasi permasalahan pembelajaran matematika. Berikut adalah hasil asesmen dinamis matematika.

1) Analisis Asesmen Minat dan Pengalaman Siswa

Asesmen minat dan pengalaman siswa akan memberikan informasi mengenai hobi siswa, hal yang ingin siswa pelajari, hal yang sering dilakukan siswa baik saat sendiri maupun saat bersama teman, dan hal yang sering dilakukan saat bersama keluarga di rumah. Desain pembelajaran matematika yang didasarkan pada minat dan pengalaman terdekat siswa tentunya akan lebih mudah diterima siswa, terutama bagi mereka yang kurang peduli tentang bagaimana belajar matematika. Hal ini sejalan dengan Widyastuti, Wijaya, Rumite, dan Marpaung (2018), yang menyatakan bahwa minat sangat berkaitan dengan perhatian yang akan menimbulkan keinginan. Selain itu, minat bukanlah sesuatu yang dibawa sejak lahir. Minat bisa dipelajari, dan akan mempengaruhi belajar seseorang serta akan mempengaruhi minat-minat selanjutnya (Slameto, 2015).

Hasil analisis asesmen minat dan pengalaman siswa dapat dicermati pada Tabel 2 berikut

Tabel 2. Inventarisasi Minat Siswa

Kelas : X MIPA 1			
Tahun Pelajaran : 2021/2022			
Minat	Konsep Matematika Relevan	Ide Konteks Autentik	
1. Bermain game FF (<i>Free Fire</i>) dan PUBG (<i>Player Unknown's Battleground</i>)	Sudut dan ukuran sudut	Seorang anggota militer menerima laporan bahwa posisi musuh berada pada $\frac{2}{3}\pi$ radian dari	Seorang anggota menerima laporan bahwa posisi musuh berada dari
		posisinya sekarang. Namun, piranti/alat yang dimiliki anggota militer itu ternyata dioperasikan dalam satuan derajat. Berapakah derajatkah $\frac{2}{3}\pi$ radian itu?	
2. Kegiatan yang berhubungan dengan	Perbandingan Trigonometri pada Segitiga Siku-siku (termasuk	Sebuah kapal berlayar sejauh 100 km ke arah barat, kemudian berbelok ke arah selatan sejauh 75 km.	

Kelas : X MIPA 1

Tahun Pelajaran : 2021/2022

Minat	Konsep Matematika Relevan	Ide Konteks Autentik	
laut, pantai, atau perahu.	teorema Pythagoras sebagai dasar)	Tentukanlah jarak terpendek dari titik keberangkatannya!	
3. Kegiatan bertualang di alam, seperti pramuka dan berenang .	Nilai Perbandingan Sudut-sudut Istimewa dan Penerapannya dalam Menyelesaikan Masalah	Seorang anggota pramuka mengamati tiang bendera. Ia berjarak 12 m dari kaki tiang bendera dan melihat pucuk tiang dengan sudut elevasi 60° . Jika jarak antara	Seorang anggota pramuka mengamati pucuk tiang bendera. Ia berjarak 12 m dari kaki tiang bendera dan melihat pucuk tiang dengan sudut elevasi 60° . Jika jarak antara
		mata anggota pramuka tersebut dengan tanah yang dipijaknya adalah 165 cm, tentukanlah tinggi tiang bendera itu!	

2) Analisis Asesmen Konteks Autentik (Representatif dan Abstrak)

Dalam penelitian ini pengkajian hanya meliputi ranah representasi dan abstrak. Analisis asesmen dalam konteks autentik disajikan dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Inventarisasi Kemampuan Ranah Representasi dan Abstrak

No	Aspek	Representasi	Abstrak
1	Nilai Maksimum	100	90
2	Nilai Minimum	23	30
3	Nilai Rata-rata	71,02	57,64
4	Jumlah Kurang Menguasai	9	29
5	Persentase Kurang Menguasai	25%	80,56%
6	Jumlah Menguasai	12	2
7	Persentase Menguasai	33,33%	5,56%
8	Jumlah Sangat Menguasai	15	5
9	Persentase Sangat Menguasai	41,67%	13,89%

Berdasarkan Tabel 3, dapat diamati bahwa nilai rata-rata kemampuan ranah representasi adalah 71,02, sedangkan nilai rata-rata kemampuan ranah abstrak adalah 57,64. Persentase ranah representasi untuk kategori menguasai dan sangat menguasai berturut-turut adalah 33,33% dan 46,67%, sedangkan persentase ranah abstrak untuk kategori menguasai dan sangat menguasai berturut-turut adalah 5,56% dan 13,89%. Selain itu juga, persentase kategori kurang menguasai untuk ranah abstrak, yaitu 80,56% jauh lebih besar dari persentase kategori kurang menguasai untuk ranah representasi sebesar 25%. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata perkembangan pemahaman matematika siswa berada pada ranah representasi. Hasil analisis ini memberikan saran bahwa proses pembelajaran matematika selanjutnya harus dibangun berdasarkan tingkat perkembangan pemahaman representasi, kemudian bergerak pada tingkat perkembangan pemahaman yang abstrak.

3) Analisis Pola Kesalahan

Analisis pola kesalahan yang dilakukan siswa tentunya akan menambah wawasan bagi guru tentang jenis kesalahan yang secara konsisten siswa lakukan, selain melakukan pengamatan tentang tanggapan siswa yang benar. Oleh karenanya, analisis terhadap kesalahan yang dilakukan siswa dalam melakukan pemecahan masalah matematika penting untuk dilakukan (Rahmania dan Rahmawati, 2016).

Ada berbagai jenis kesalahan dalam dalam matematika, namun dalam penelitian ini kesalahan hanya dikategorikan dalam kesalahan konsep, kesalahan prinsip, dan kesalahan operasi, sebagaimana dijelaskan dalam penelitian Zain, Supardi, dan Lanya, (2017). Kesalahan konsep merupakan kesalahan dalam hal ketidakmampuan memahami konsep/materi prasyarat, termasuk materi yang telah diajarkan. Kesalahan ini dicirikan dengan kesalahan menentukan konsep apa yang digunakan dan kesalahan dalam menentukan prasyarat untuk menyelesaikan soal. Kesalahan prinsip merupakan kesalahan dalam menghubungkan beberapa fakta/konsep dalam menyelesaikan soal, dicirikan dengan kesalahan dalam memaknai soal sehingga tidak jelas apa yang dituliskan, kesalahan dalam menerjemahkan soal, dan tidak menyelesaikan soal sampai tuntas. Kesalahan operasi merupakan kesalahan dalam hal operasi hitung dan penulisan, dicirikan dengan kesalahan dalam menentukan hasil perhitungan dan kesalahan dalam menerapkan simbol operasi.

Data analisis pola kesalahan siswa dalam penelitian ini diperoleh dari lembar inventarisasi pola kesalahan. Hasil analisis pola kesalahan siswa disajikan dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Analisis Pola Kesalahan

No	Pola Kesalahan	Persentase
1	Operasi	14,29%
2	Konsep	36,73%
3	Prinsip	48,98%

Berdasarkan hasil analisis pola kesalahan di atas, dapat diamati bahwa pola kesalahan yang banyak siswa lakukan adalah kesalahan prinsip, yaitu sebesar 48,98%. Kesalahan prinsip yang konsisten siswa lakukan di antaranya disebabkan oleh kesalahan dalam memahami gambar/grafik yang disajikan dalam soal, salah dalam memaknai soal sehingga tidak jelas apa yang dituliskan, dan tidak dapat menyelesaikan soal secara tuntas. Persentase pola kesalahan konsep yang dilakukan sebesar 36,73%. Kesalahan ini dicirikan oleh adanya ketidakmampuan menggunakan konsep yang tepat dalam menyelesaikan soal dan tidak dapat menentukan prasyarat dalam menjawab soal. Sedangkan persentase pola kesalahan operasi yang dilakukan sebesar 14,29%, yang dicirikan oleh kesalahan siswa dalam menentukan hasil perkalian dan kesalahan dalam menerapkan simbol operasi. Jumlah ini adalah yang paling kecil, karena mayoritas siswa SMA umumnya telah menguasai operasi dasar matematika.

Hasil analisis pola kesalahan siswa memberikan informasi kepada guru mengenai apa yang belum siswa kuasai dan pahami. Oleh karenanya, pembuatan instruksi pembelajaran selanjutnya harus disusun berdasarkan penguatan konsep matematika, penggunaan gambar ilustrasi/grafik yang baik untuk membantu siswa memahami masalah, dan pembelajaran yang berbasis masalah untuk melatih siswa dalam memahami masalah secara utuh.

4) Analisis Wawancara Fleksibel

Analisis yang dihasilkan dari kegiatan wawancara fleksibel akan saling melengkapi dengan hasil analisis pola kesalahan siswa. Respons yang benar terhadap suatu stimulus (pertanyaan) terkadang tidak selalu dilandasi oleh alasan yang valid. Begitu pula sebaliknya, analisis terhadap pola kesalahan akan mengungkap apa yang belum siswa pahami/kuasai. Teknik pelaksanaan wawancara fleksibel dilakukan dengan memilih dua subyek untuk masing-masing nomor soal (soal nomor 2 dan 4). Kedua subyek ini tentunya adalah subyek yang mengalami kesulitan belajar matematika berdasarkan hasil penilaian harian.

Hasil wawancara fleksibel menguatkan hasil analisis pola kesalahan, di mana siswa yang diwawancarai melakukan ketiga jenis kesalahan, yaitu kesalahan operasi, kesalahan konsep, dan kesalahan prinsip. Hasil wawancara juga menunjukkan bahwa mayoritas siswa belum menguasai kemampuan berpikir kritis yang baik. Hal ini dapat dilihat dari empat tahapan berpikir kritis, rata-rata siswa hanya mencapai kategori baik pada tahapan pertama, yaitu tahap *clarification*.

Berdasarkan praktik empat penilaian asesmen dinamis matematika, diperoleh hipotesis instruksional bahwa

- 1) Siswa memiliki minat dan ketertarikan pada hal-hal yang berhubungan dengan petualangan, game (*FF*, *PUBG*), kepramukaan, dan sesuatu yang berhubungan dengan laut/perahu, karena mayoritas siswa memang berdomisili di kawasan pantai utara pulau Jawa.
- 2) Kemampuan siswa pada ranah representasi lebih baik dari pada kemampuan siswa pada ranah abstrak.
- 3) Mayoritas siswa mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal pada ranah abstrak.
- 4) Pola kesalahan yang umum dilakukan siswa sehingga memiliki kemampuan ranah abstrak yang rendah adalah kesalahan konsep dan kesalahan prinsip.

Hipotesis instruksional ini selanjutnya akan dijadikan pedoman dalam merencanakan dan menyusun instruksi pembelajaran selanjutnya yang akan digunakan pada tahap penelitian kedua. Instruksi pembelajaran yang dikembangkan adalah model PBL dengan bantuan penggunaan E-Modul.

2. Tahap Penelitian Kedua

Tahap penelitian kedua memberikan hasil evaluasi penerapan model PBL dengan pedoman asesmen dinamis matematika berbantuan E-Modul terhadap kemampuan berpikir kritis. Evaluasi didasarkan pada data hasil TKBK. Rangkuman data hasil TKBK disajikan dalam Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Rangkuman Data Hasil TKBK

Siswa	Rata-rata	Nilai Maksimal	Nilai Minimal	Tuntas	% Tuntas
36	77,39	95	52	32	88,89 %

Uji Normalitas

Hasil uji normalitas data hasil TKBK dengan bantuan *R Commander* dapat diamati melalui output berikut.

```
>normalityTest(~XMIPA1,
test="shapiro.test", Shapiro-Wilk
```

```
normality test data:XMIPA1 W =
0.95067, p-value = 0.1098
```

Nilai *p-value* untuk output kelas X MIPA 1 adalah $0,1098 > 0,05$ sehingga berdasarkan kriteria uji gagal menolak H_0 . Dengan demikian,

dapat dikatakan bahwa data hasil TKBK berdistribusi normal.

Uji Rata-rata

Uji rata-rata dilaksanakan dengan cara melakukan uji One Sample t Test (uji t sampel tunggal), dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Deskripsi hasil perhitungan data hasil TKBK disajikan dalam Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Deskripsi Data TKBK

N	Rata-rata	Varians	Stand ar Deviasi	t_{hitung}	t_{tabel}
36	77,39	111,04	10,54	4,21	1,69

Berdasarkan perhitungan, diperoleh bahwa $t_{hitung} = 4,21 > t_{tabel} = 1,69$, sehingga menurut kriteria uji H_0 ditolak dan menerima H_1 .

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa kelas X MIPA 1 yang menggunakan model pembelajaran PBL berpedoman asesmen dinamis matematika berbantuan E-Modul mencapai ketuntasan belajar.

Uji Ketuntasan Klasikal

Uji ketuntasan klasikal dilakukan dengan pendekatan distribusi normal, dan untuk pengujian digunakan statistik z dengan rumus sebagai berikut.

$$z = \frac{\frac{\bar{x}}{n} - \pi_0}{\sqrt{\frac{\pi_0(1-\pi_0)}{n}}}$$

Hasil perhitungan statistik z disajikan dalam Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil Uji Proporsi Ketuntasan TKBK

N	Jumlah Tuntas	% Tuntas	π_0	Z_{hitung}	Z_{tabel}
36	32	88,89%	75%	1,92	1,65

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh bahwa

$$z_{hitung} = 1,92 > z_{tabel} = 1,65'$$

sehingga menurut kriteria uji H_0 ditolak dan menerima H_1 .

Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa proporsi siswa kelas X MIPA 1 yang melaksanakan pembelajaran dengan model PBL berpedoman asesmen dinamis matematika berbantuan E-Modul yang memenuhi kriteria ketuntasan minimal 70 mencapai lebih dari 75%.

Analisis Kemampuan Ranah Representasi dan Abstrak

Berkaitan dengan kemampuan ranah representasi dan abstrak, pembelajaran matematika pada kelas X MIPA 1 telah mengakomodir rekomendasi berdasarkan hipotesis instruksional asesmen dinamis matematika. Hal ini bisa dilihat dari RPP yang dikembangkan baik pada pertemuan pertama, pertemuan kedua, maupun pertemuan ketiga. Analisis kemampuan siswa ranah representatif dan abstrak disajikan dalam Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Analisis Kemampuan Ranah Representasi dan Abstrak

No	Aspek	Kemampuan Awal		Kemampuan akhir	
		Repre sentasi	Abstr ak	Represen tasi	Abstr ak
1	Nilai Maksimum	100	90	100	94
2	Nilai Minimum	23	30	35	46
3	Nilai Rata-rata	71,02	57,64	85	77
4	Jumlah Kurang Menguasai	9	29	2	5
5	Persentase Kurang Menguasai	25%	80,56%	5,56%	13,89%
6	Jumlah Menguasai	12	2	4	16
7	Persentase Menguasai	33,33%	5,56%	11,11%	44,44%
8	Jumlah Sangat Menguasai	15	5	30	15
9	Persentase Sangat Menguasai	41,67%	13,89%	83,33%	41,67%

Berdasarkan Tabel 8, dapat dilihat bahwa kemampuan pada siswa setelah melaksanakan pembelajaran PBL berpedoman asesmen dinamis

matematika berbantuan E-Modul untuk ranah representasi memperoleh nilai rata-rata sebesar 85, sementara nilai rata-rata untuk kemampuan ranah abstrak adalah 77. Hal ini menunjukkan adanya kenaikan nilai rata-rata untuk kemampuan ranah representasi dan ranah abstrak masing-masing sebesar 13,98% dan 19,36%.

Persentase ranah representasi yang diperoleh untuk kategori kurang menguasai adalah 5,56%, menunjukkan adanya penurunan jumlah siswa yang kurang menguasai pada ranah ini sebesar 19,44%. Jumlah siswa dengan kategori menguasai atau sangat menguasai pada ranah representasi adalah 34 siswa, atau sebesar 94,44%. Hal ini menunjukkan adanya kenaikan persentase jumlah kategori menguasai atau sangat menguasai pada ranah representasi sebesar 19,44%.

Persentase kategori kurang menguasai pada ranah abstrak adalah 13,89%, dan menunjukkan adanya penurunan sebesar 66,67%. Jumlah siswa dengan kategori menguasai atau sangat menguasai pada ranah abstrak adalah 31 siswa, atau sebesar 86,11%. Angka ini menunjukkan bahwa adanya kenaikan Jumlah siswa dengan kategori menguasai atau sangat menguasai pada ranah abstrak sebesar 66,66%. Perubahan nilai rata-rata serta persentase kategori kurang menguasai dan jumlah persentase menguasai atau sangat menguasai disajikan dalam grafik 1 dan grafik 2 berikut.



Grafik 1. Perubahan Ranah Representatif



Grafik 2. Perubahan Ranah Abstrak

Hasil di atas juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Allsopp et al (2008) yang menyatakan bahwa pemahaman matematika siswa berkembang mulai dari ranah konkrit, representasi, hingga abstrak. Perkembangan pemahaman matematika siswa SMA N 1 Bulakamba umumnya sudah berada pada ranah representasi dan abstrak. Namun, berdasarkan asesmen dinamis yang dilakukan pemahaman pada ranah representasi lebih baik dari pada ranah abstrak sehingga instruksi pembelajaran selanjutnya didasarkan pada kemampuan ranah representasi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan bahwa asesmen dinamis matematika mampu menjadi asesmen diagnosis yang handal dalam mendesain instruksi pembelajaran selanjutnya, terutama bagi siswa yang mengalami kesulitan belajar matematika. Asesmen ini telah menjadi rambu bagi model PBL dan E-Modul yang akan digunakan. Penerapan asesmen ini terbukti mampu memberikan informasi mengenai minat siswa, kemampuan aktual siswa, dan pola kesalahan yang sering siswa lakukan dalam memecahkan masalah.

Hasil evaluasi memberikan informasi bahwa penerapan model PBL dan penggunaan E-Modul pada kelas X MIPA 1 mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini bisa dilihat berdasarkan uji rata-rata yang menyatakan bahwa rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa melebihi KKM 70, uji ketuntasan klasikal yang menyatakan bahwa proporsi ketuntasan siswa memenuhi KKM 70 mencapai lebih dari 75%. Selain itu juga, penerapan model PBL dan penggunaan E-Modul telah meningkatkan kemampuan siswa pada ranah representasi dan ranah abstrak.

Asesmen dinamis matematika hanyalah salah satu asesmen diagnostik non formal yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kesulitan belajar matematika. Tentu saja masih banyak bentuk asesmen lain yang dapat dilakukan pada penelitian-penelitian selanjutnya sebagai asesmen diagnostik. Namun demikian, berdasarkan paparan di atas, penerapan model PBL yang didesain berdasarkan asesmen dinamis matematika dan berbantuan E-Modul dinilai mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis.

DAFTAR PUSTAKA

Allsopp, D., Kyger, M., Lovin, L., Gerretson, H., Carson, K., & Ray, S. (2008).

- "Mathematics Dynamic Assessment: Informal Assessment That Responds to The Needs of Struggling Learners in Mathematics". *TEACHING Exceptional Children*, 40(3): 6–16. <https://doi.org/10.1177/004005990804000301>
- Aulya, R., & Purwaningrum, J. P. (2021). "Pengaruh Model Pembelajaran PBL Berbantuan Alat Peraga dalam Peningkatan Kemampuan Penalaran Matematis". *Mathematic Education Journal*, 4(3): 77. Available at from <http://journal.ipts.ac.id/index.php/MathEdu/article/view/3103>
- Fadzillah, S. H. N., Purwaningrum, J. P., & Wanabuliandari, S. (2020). "Peningkatan Pemecahan Masalah Matematis Melalui Model MMP Berbantuan Modul Etnomatematika pada Siswa Kelas IV SDN Wonosekar". *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 5(1): 105–115. <https://doi.org/10.23969/jp.v5i1.2796>
- Fahma, M. A., & Purwaningrum, J. P. (2021). "Teori Piaget dalam Pembelajaran Matematika". *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology*, 6(1): 31. <https://doi.org/10.30651/must.v6i1.6966>
- Fatchurrohman, M., Mulyono, M., & Rosyida, I. (2022). "Evaluation of E-Module Assisted Tai Cooperative Learning Model in Improving Student's Mathematics Literature". *Journal of Educational Research and Evaluation*, 11(1): 53–60. <https://doi.org/10.15294/jere.v11i1.54865>
- Firdaus. (2015). "Developing Critical Thinking Skills of Students in Mathematics Learning". *Journal of Education and Learning*, 9(3): 226–236.
- Fisher, A. (2001). *Critical Thinking An Introduction* (1st ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Framework for 21st century learning. (2015). "21st Century Student Outcomes". *P21 Partnership for 21st Century Learning*, 2.
- Hudojo, H. (1988). *Mengajar Belajar Matematika*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Pendidikan.
- Imelda, I. F., Bintoro, H. S., & Purwaningrum, J. P. (2021). "Penerapan Pendekatan Concrete Pictorial Abstract (CPA) Berbantuan Media Jarkuba APK terhadap Koneksi Matematis Siswa Kelas V SD 3 Mayahan". *Guru Tua :*

- Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 4(2): 1–8.
<https://doi.org/10.31970/gurutua.v4i2.69>
- Ismail, N. S., Harun, J., Zakaria, M. A. Z. M., & Salleh, S. M. (2018). "The Effect of Mobile Problem-Based Learning Application DicScience PBL on Students' Critical Thinking". *Thinking Skills and Creativity*, 28: 177–195.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.04.002>
- Khasanah, N., & Purwaningrum, J. P. (2023). "Meningkatkan Pemahaman Siswa Mengenai Materi Luas dan Keliling Lingkaran dengan Penerapan Teori Belajar Jerome Bruner". *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Pengetahuan*, 23(2): 128–134.
- Masrukan. (2017). *Asesmen Otentik Pembelajaran Matematika* (2nd ed.; K. S. Kuncoro, ed.). Semarang: CV. Swadaya Manunggal.
- Ms., R., Herman, T., & Dahlan, J. A. (2017). *The Enhancement of Students' Critical Thinking Skills in Mathematics through The 5E Learning Cycle with Metacognitive Technique*. 57(ICMSEd 2016): 101–106.
<https://doi.org/10.2991/icmsed-16.2017.23>
- Munahefi, D. N., Kartono, Waluya, B., & Dwijanto. (2022). "Analysis of Self-Regulated Learning at Each Level of Mathematical Creative Thinking Skill". *Bolema - Mathematics Education Bulletin*, 36(72): 581–601.
<https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n72a26>
- Nizam. (2016). *Ringkasan Hasil-hasil Asesmen Belajar dari Hasil UN, PISA, TIMSS, INAP/AKSI*. Jakarta: Pusat Penilaian Pendidikan Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Nur, A. S., Kartono, Zaenuri, & Rochmad. (2022). *The Lateral Thinking Processes in Solving Mathematical Word Problems Reviewed at Adversity Quotient and ReflectivE*. 11(2): 223–236.
- Perkins, C., & Murphy, E. (2006). "Identifying and Measuring Individual Engagement in Critical Thinking in Online Discussions: An Exploratory Case Study". *Educational Technology and Society*, 9(1): 298–307.
- Pratiwi, I. (2019). "Efek Program Pisa Terhadap Kurikulum di Indonesia". *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 4(1): 51.
<https://doi.org/10.24832/jpnk.v4i1.1157>
- Priatna, N., Lorenzia, S. A., & Widodo, S. A. (2020). "STEM Education At Junior High School Mathematics Course for Improving The Mathematical Critical Thinking Skills". *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(3): 1173–1184.
<https://doi.org/10.17478/JEGYS.728209>
- Rachmantika, A. R., Waluya, S. B., & Isnarto, I. (2022). "Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis pada Pembelajaran Project Based Learning dengan Setting Daring". *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(2): 2609–2615.
<https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i2.1100>
- Rahmania, L., & Rahmawati, A. (2016). "Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Cerita Persamaan Linier Satu Variabel". *JMPM: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 1(2): 165.
<https://doi.org/10.26594/jmpm.v1i2.639>
- Ririn, D. (2020). "European Journal of Education Studies". *European Journal of Education Studies*, 7(1): 326–337.
<https://doi.org/10.46827/ejes.v7i10.3317>
- Slameto. (2015). *Belajar dan faktor-faktor yang mempengaruhi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Solihudin JH, T. (2018). "Pengembangan E-Modul Berbasis Web untuk Meningkatkan Pencapaian Kompetensi Pengetahuan Fisika pada Materi Listrik Statis dan Dinamis SMA". *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 3(2): 51.
<https://doi.org/10.17509/wapfi.v3i2.13731>
- Sudjana. (2005). *Metoda Statistika* (6th ed.). Bandung: Tarsito.
- Suhartono. (2008). *Analisis Data Statistik dengan R*. Surabaya: Laboratorium Statistik Komputasi, ITS.
- Torp, Linda; Sage, S. (1998). *Problems as Possibilities: Problem-Based Learning for K-12 Education*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Wakano, R., Isnaeni, W., & Ahmadi, F. (2022). "Developing Instruments Assessment of Students' Critical Thinking and Communication Skills in Biology Learning Using Hybrid Learning Models in 3T Areas". *Journal of Educational Research and Evaluation*, 11(1): 93–102.
<https://doi.org/10.15294/jere.v11i2>
- Widyastuti, W., Wijaya, A. P., Rumite, W., & Marpaung, R. R. T. (2018). "Minat Siswa Terhadap Matematika dan Hubungannya dengan Metode Pembelajaran dan Efikasi Diri". *Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(1): 83–100.
<https://doi.org/10.22342/jpm.13.1.6750.83-100>
- Wijaya, E. Y., Sudjimat, D. A., & Nyoto, A.

- (2016). "Transformasi Pendidikan Abad 21 Sebagai Tuntutan Pengembangan Sumber Daya Manusia di Era Global". *Jurnal Pendidikan*, 1: 263–278.
- Zain, A. N., Supardi, L., & Lanya, H. (2017). "Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Matematika Materi Trigonometri". *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika*, 3(1): 12–16.