



Pengembangan Modul Ajar Berbasis Pirie Kieren untuk Mendukung Pertumbuhan Pemahaman Matematis

Reni Albertin Putri^{1*}, Susiswo¹, Makbul Muksar¹

¹Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang. Jl. Semarang 5, 65145, Malang, Indonesia.

* Korespondensi Penulis. E-mail: reni.albertin.2203118@students.um.ac.id

© 2024 JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)

This is an open access article under the CC-BY-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>) ISSN 2337-9049 (print), ISSN 2502-4671 (online)

Abstrak: Pemahaman matematis merupakan tujuan pembelajaran matematika. Akan tetapi, berdasarkan studi literatur dan observasi lapangan, pemahaman matematis siswa masih rendah. Salah satu faktornya adalah kurangnya pembelajaran yang dapat mendukung pertumbuhan pemahaman matematis. Oleh karena itulah, peneliti melakukan penelitian dengan tujuan mengembangkan modul ajar berbasis Pirie Kieren yang valid, praktis, dan efektif untuk mendukung pertumbuhan pemahaman matematis. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan menggunakan model Plomp yang meliputi tiga tahap yaitu fase pendahuluan, pengembangan, dan assesmen. Instrumen pada penelitian ini adalah lembar validasi, lembar observasi pembelajaran, dan soal tes. Teknik analisis rata-rata digunakan untuk menentukan kevalidan dan kepraktisan produk berdasarkan skor pada lembar validasi dan lembar observasi pembelajaran. Sementara itu, uji-t (independent samples) digunakan untuk menentukan keefektifan produk berdasarkan skor tes siswa. Uji coba modul ajar dilakukan kepada 30 siswa kelas X SMAN 08 Malang. Berdasarkan hasil uji coba, diperoleh bahwa modul ajar memenuhi kriteria valid dengan skor validasi diatas 3,7, memenuhi kriteria praktis dengan skor observasi pembelajaran diatas 3,6, dan memenuhi kriteria efektif dengan hasil uji-t independent samples yang menunjukkan adanya kenaikan signifikan antara skor pretest dan posttest. Meskipun demikian tetap dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan modul ajar dengan model/ metode berbeda serta melakukan analisis terhadap proses pertumbuhan pemahaman siswa.

Kata kunci: penelitian pengembangan, pemahaman matematis, modul ajar, teori pirie kieren

Abstract: Mathematical understanding is the goal of mathematics learning. However, based on literature studies and field observations, students' mathematical understanding is still low. One factor is the lack of learning that can support the growth of mathematical understanding. Therefore, researchers conducted research with the aim of developing valid, practical and effective Pirie Kieren-based teaching modules to support the growth of mathematical understanding. This research is development research using the Plomp model which includes three stages, namely the preliminary, development and assessment phases. The instruments in this research were validation sheets, learning observation sheets, and test questions. The average analysis technique is used to determine the validity and practicality of the product based on the scores on the validation sheet and learning observation sheet. Meanwhile, t-test (independent samples) is used to determine product effectiveness based on student test scores. The teaching module trial was carried out on 30 class X students of SMAN 08 Malang. Based on the trial results, it was found that the teaching module met the valid criteria with a validation score above 3.7, met the practical criteria with a learning observation score above 3.6, and met the effective criteria with independent sample t-test results showing a significant increase between the pretest and posttest scores. However, further research is still needed to develop teaching modules with different models/methods and to analyze the process of growing student understanding.

Keywords: development research, mathematical understanding, teaching module, pirie kieren theory

Pendahuluan

Pemahaman matematis merupakan salah satu tujuan pembelajaran matematika. Pemerintah Indonesia melalui Permendikbud No 21 Tahun 2016 menyatakan bahwa tujuan dilaksanakannya pembelajaran matematika adalah tercapainya pemahaman matematis (Kemendikbud, 2016). Menurut Hiebert dkk (1997), mempelajari matematika dengan pemahaman dapat meningkatkan kepuasan dan kepercayaan diri siswa karena mampu menyerap materi secara fleksibel dan menggunakannya untuk mempelajari hal-hal baru. Oleh sebab itulah, Andamon & Tan (2018) menjadikan pemahaman matematis menjadi salah satu indikasi kesuksesan pembelajaran matematika yang dilakukan.

Secara umum pemahaman matematis merupakan kemampuan siswa dalam mengasimilasi atau menggabungkan struktur konseptual yang tepat selama pembelajaran (Skemp, 1987). Pemahaman matematis tidak hanya memuat tentang kemampuan siswa secara konseptual akan tetapi juga prosedural (Pirie & Schwarzenberger, 1988; Yao dkk, 2021). Oleh karena itulah, Usiskin (2012) dan Hurell (2021) menyepakati bahwa pemahaman konseptual dan prosedural adalah satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Sehingga, siswa dengan pemahaman matematis yang baik diharapkan mampu memiliki pemahaman konseptual dan prosedural yang baik pula.

Terdapat beberapa kriteria yang perlu dimiliki siswa untuk dapat dikatakan mempunyai pemahaman matematis yang baik. Beberapa kriteria yang dimaksud adalah membuat contoh dan bukan contoh, mengaitkan antar konsep, menyatakan ulang konsep dengan tepat, menggunakan konsep dan prosedur dalam menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari, serta menyajikan konsep dalam berbagai bentuk representasi matematis (Kilpatrick dkk, 2001; Nurjanah dkk, 2020). Meskipun demikian, faktanya masih banyak siswa yang belum memiliki pemahaman matematis yang baik.

Terdapat beberapa penelitian yang menemukan masih lemahnya pemahaman matematis siswa. Ariyanto dkk (2019) menemukan fakta banyak siswa memiliki pemahaman matematis yang kurang. Salah satu penyebabnya adalah kurangnya inovasi pembelajaran yang dapat mendorong siswa memahami konsep dengan lebih baik. Kusrandi dkk (2021) juga menemukan lemahnya pemahaman matematis siswa akibat kurang cocoknya strategi pembelajaran yang digunakan. Selain terkait pembelajaran yang dilakukan, lemahnya pemahaman matematis juga dapat terdeteksi dengan kesulitan siswa dalam memenuhi indikator pemahaman matematis. Pada penelitian Mulyani dkk (2018) ditemukan kondisi siswa masih kesulitan dalam menggunakan prosedur dengan tepat serta kesulitan dalam mengaitkan satu konsep dengan konsep lain. Sementara itu, penelitian Musyriyah (2022) menunjukkan ketidakmampuan siswa dalam mengidentifikasi contoh dan bukan contoh suatu konsep matematika.

Dalam rangka mendukung fakta-fakta yang termuat pada literatur tersebut, peneliti melakukan observasi ke SMA Negeri 08 Malang. Peneliti mengujikan beberapa butir soal materi barisan dan deret kepada 30 siswa kelas XI yang telah menempuh materi tersebut. Pemilihan materi barisan dan deret didasarkan pada aspek kebermanfaatan dan urgensi pemahaman materi barisan dan deret yang masih belum tercapai (Anzani dkk, 2022; Earls, 2017). Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan peneliti memperoleh beberapa fakta. Siswa masih memiliki pemahaman matematis yang rendah pada materi barisan dan deret. Adapun faktor yang menyebabkan kondisi ini terjadi yaitu ketidaksiapan siswa untuk mempelajari materi akibat kurangnya pengetahuan awal siswa serta siswa yang hanya fokus menghafal soal akan tetapi tidak memahami maknanya. Oleh sebab itulah, perlu disusun pembelajaran yang dapat mendukung siswa mengelaborasi pemahaman awalnya untuk membangun pengetahuan baru serta mendorong siswa mengonstruksi pemahaman matematis mereka dengan mandiri dan sistematis.

Untuk memfasilitasi kondisi tersebut, pada penelitian ini peneliti mendesain serangkaian pembelajaran yang dianggap mampu mengatasi kondisi tersebut. Luaran dari

desain tersebut adalah berupa modul ajar. Melalui web resminya, Kemendikbud RI menyatakan pada era kurikulum merdeka belajar saat ini guru dibutuhkan untuk menyusun modul ajar. Modul ajar adalah perangkat pembelajaran yang memuat tujuan pembelajaran, langkah-langkah pembelajaran, assesmen, dan media pembelajaran. Oleh karena itulah, pada penelitian ini modul ajar yang dikembangkan terdiri dari RPP, LKPD, dan soal tes.

Pada penelitian ini, peneliti mengembangkan modul ajar berbasis Pirie Kieren. Teori Pirie Kieren merupakan teori pertumbuhan pemahaman matematis yang dikemukakan oleh Susan Pirie dan Thomas Kieren. Pirie & Kieren (1994) menyatakan bahwa bahwa proses pertumbuhan pemahaman matematis merupakan keseluruhan proses dinamis yang utuh, bertingkat namun tidak linier, serta bersifat rekursif. Oleh karena itulah, Pirie & Kieren (1989) menyusun proses pertumbuhan pemahaman matematis ke dalam delapan lapisan utama yaitu *primitive doing*, *image making*, *image having*, *property noticing*, *formalizing*, *observing*, *structuring*, dan *inventing*. Konsep lapisan pertumbuhan pemahaman matematis ini untuk selanjutnya dikenal sebagai teori pertumbuhan pemahaman matematis Pirie Kieren (teori Pirie Kieren). Sehingga modul ajar berbasis Pirie Kieren adalah modul ajar yang memuat RPP dan LKPD berbasis Pirie Kieren.

Menurut Putri & Susiswo (2020), LKPD berbasis Pirie Kieren adalah LKPD yang memuat serangkaian penugasan yang berpadu pada teori Pirie Kieren yaitu: penugasan *primitive knowing* untuk membantu siswa mengingat materi prasyarat, penugasan *image making* untuk mendorong siswa membangun pengetahuan baru dengan memanfaatkan pengetahuan lamanya, penugasan *image having* untuk mendorong siswa memiliki gambaran suatu topik tanpa ada aktivitas yang menstimulusnya, penugasan *property noticing* untuk mendorong siswa mengaitkan berbagai aspek untuk menemukan sifat khusus, penugasan *formalizing* untuk mendorong siswa menggeneralisasikan sifat khusus menjadi konsep formal, penugasan *observing* untuk mendorong siswa menerapkan konsep formal, penugasan *structuring* untuk mendorong siswa mengaitkan dan menarik sifat-sifat konsep, dan penugasan *inventing* untuk mendorong siswa berkreasi mengutarakan pertanyaan-pertanyaan baru yang memungkinkan munculnya konsep baru. Karena LKPD akan menjadi bahan ajar utama, maka RPP yang dikembangkan juga memuat serangkaian langkah-langkah yang berpadu pada teori Pirie Kieren tersebut.

Integrasi Pirie Kieren pada pembelajaran merupakan bentuk implementasi teori pengajaran yang koheren dengan teori belajar berbasis konstruktivis yang perlu dilakukan dalam rangka meningkatkan pembelajaran matematika (Irvine, 2017). Sehingga siswa dapat membangun pemahaman pada suatu konsep dengan sistematis dan mandiri. Hal ini merupakan upaya agar siswa tidak hanya fokus menghafal rumus akan tetapi tidak memahaminya (Cavanagh, 2007). Melalui lapisan penugasan *primitive knowing* juga diharapkan mampu menyiapkan pemahaman awal siswa cukup untuk membangun konsep baru. Mengingat pentingnya kondisi tersebut perlu dipenuhi terlebih dahulu (Brod, 2021). Oleh karena itu, pengembangan modul ajar berbasis Pirie Kieren dianggap mampu mengatasi masalah pemahaman matematis yang tertangkap pada literatur dan observasi yang telah dilakukan.

Telah banyak penelitian dilakukan untuk mendukung pemahaman matematis seperti mengembangkan bahan ajar (Hussein dkk, 2022; Putri dkk, 2023) ataupun penggunaan strategi pembelajaran tertentu (Giyarti, 2021). Akan tetapi belum ada yang melibatkan integrasi pembelajaran menggunakan teori Pirie Kieren. Adapun penelitian yang sudah ada hanya sebatas mengembangkan LKPD saja (Putri & Susiswo, 2021; Hakim & Murtafiah, 2021). Sehingga penelitian lanjutan dibutuhkan untuk mengembangkan modul ajar berbasis Pirie Kieren. Mengingat desain pembelajaran menjadi salah satu faktor yang mendukung pertumbuhan pemahaman matematis (Ariyanto dkk, 2019; Kusnadi dkk, 2021). Oleh karena itulah, peneliti memutuskan untuk melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan modul ajar berbasis Pirie Kieren yang valid, praktis, dan efektif dalam

rangka mendukung pertumbuhan pemahaman matematis siswa. Mengingat pemahaman matematis masih rendah. Padahal pemahaman matematis merupakan tujuan dilaksanakannya pembelajaran matematika.

Metode

Pada penelitian yang dilakukan, peneliti melibatkan 30 siswa kelas X SMA Negeri 08 Malang sebagai subjek pada uji coba lapangan. Pada pengembangan yang dilakukan, peneliti menggunakan model pengembangan Plomp. Terdapat tiga tahap pengembangan Plomp yaitu fase *preliminary research* (fase pendahuluan), *prototyping phase* (fase prototipe/pengembangan), dan *assesment phase* (fase assesmen) (Plomp & Nieveen, 2010). Pada fase *preliminary research* peneliti melakukan studi literatur, observasi, dan mengembangkan kerangka konseptual penelitian. Pada *prototyping phase* peneliti mengembangkan modul ajar yang terdiri dari RPP dan LKPD berbasis Pirie Kieren yang dilengkapi dengan soal *pretest* dan *posttest*. Selain itu, peneliti mengembangkan lembar observasi pembelajaran dan lembar validasi. Pada *assesment phase* peneliti melakukan penilaian kriteria valid, praktis, dan efektif pada modul ajar yang dikembangkan.

Uji kevalidan modul ajar diukur berdasarkan skor validasi komponen pada modul ajar. Validasi dilakukan oleh dosen matematika. Proses analisis dilakukan menggunakan teknik analisis rata-rata menurut Hobri (2010) dengan acuan kriteria hasil tertera pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kriteria Penilaian Hasil Validasi

Presentase	Kriteria Kevalidan	Keterangan
$V_a = 4$	Sangat Valid	Tidak Perlu Revisi
$3,25 \leq V_a < 4$	Valid	Tidak Perlu Revisi
$2,5 \leq V_a < 3,25$	Cukup Valid	Perlu Revisi
$1,75 \leq V_a < 2,5$	Kurang Valid	Perlu Revisi
$1 \leq V_a < 1,75$	Tidak Valid	Revisi Total

Sumber: Diolah dari Hobri (2010)

Uji kepraktisan modul ajar diukur berdasarkan hasil skor observasi pembelajaran. Observasi dilakukan oleh praktisi pengajar. Proses analisis dilakukan menggunakan teknik analisis rata-rata menurut Hobri (2010) dengan acuan kriteria hasil tertera pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kriteria Penilaian Hasil Observasi

Presentase	Kriteria Kepraktisan	Keterangan
$V_a = 4$	Sangat Praktis	Terlaksana dengan baik
$3,25 \leq V_a < 4$	Praktis	Terlaksana dengan baik
$2,5 \leq V_a < 3,25$	Cukup Praktis	Kurang terlaksana dengan baik
$1,75 \leq V_a < 2,5$	Kurang Praktis	Kurang terlaksana dengan baik
$1 \leq V_a < 1,75$	Tidak Praktis	Tidak terlaksana dengan baik

Sumber: Diolah dari Hobri (2010)

Adapun untuk uji keefektifan peneliti menggunakan uji statistik. Uji statistik yang digunakan adalah uji *t-independent samples*. Tujuan uji yang dilakukan adalah untuk mengetahui signifikansi perbedaan rata-rata nilai siswa sebelum (*pretest*) dan sesudah pembelajaran (*posttest*) (Bluman, 2009).

Hasil dan Pembahasan

1. Fase Pendahuluan (*Preliminary Research*)

Pada fase pendahuluan peneliti melakukan studi literatur, observasi, dan membuat kerangka konseptual penelitian. Pada saat studi literatur peneliti memperoleh informasi bahwa pemahaman matematis siswa akan bertumbuh seiring jaringan mental mereka. Terdapat delapan lapisan pertumbuhan pemahaman matematis Pirie Kieren meliputi *primitive knowing*, *image making*, *image having*, *property noticing*, *formalising*, *observing*, *structuring*, dan *inventising*. Sebagai lapisan dasar, *primitive knowing* memiliki peran penting pada proses pertumbuhan pemahaman matematis siswa. Peneliti juga mencari tahu lebih lanjut faktor-faktor yang dapat mendukung pertumbuhan pemahaman matematis. Salah satunya adalah dengan pemilihan desain pembelajaran yang sesuai. Untuk itulah peneliti melakukan observasi langsung ke sekolah.

Pada saat observasi ke SMA Negeri 08 Malang peneliti menemukan dua faktor yang menyebabkan lemahnya pemahaman matematis yaitu kurangnya eksplorasi kemampuan awal siswa dan kurangnya kesempatan yang diberikan kepada siswa untuk membangun pemahaman siswa secara mandiri dan sistematis. Melalui wawancara kepada guru terakit, peneliti memperoleh informasi bahwa pembelajaran yang dilakukan selama ini masih bersifat konvensional. Guru menjelaskan materi kemudian siswa melakukan pendalaman pemahaman dengan mengerjakan latihan-latihan soal.

Berdasarkan hasil literatur dan observasi tersebut, peneliti menyusun kerangka konseptual penelitian. Sehingga peneliti memutuskan untuk mengembangkan modul ajar berbasis Pirie Kieren. Untuk itulah langkah selanjutnya yang dilakukan adalah mengembangkan produk terdiri dari RPP, LKPD, dan alat assesmen berupa soal tes.

2. Tahap Pengembangan (*Prototyping Phase*)

Pada tahap pengembangan, peneliti mengembangkan produk yang termuat pada modul ajar meliputi LKPD, RPP, dan soal tes. Pertama peneliti mengembangkan LKPD berbasis Pirie Kieren. Berdasarkan CP (Capaian Pembelajaran) fase E, peneliti memilih materi barisan dan deret. Terdapat enam submateri yang disajikan meliputi barisan bilangan, barisan aritmatika, deret aritmatika, barisan geometri, deret geometri, dan deret geometri tak hingga. Sehingga terdapat enam kegiatan inti pada LKPD yang dikembangkan yang masing-masing menyajikan langkah penugasan untuk mengonstruksi masing-masing submateri. Pada masing-masing kegiatan memuat langkah penugasan *image making* sampai *inventising*. Akan tetapi selain enam kegiatan inti, peneliti juga menambahkan satu kegiatan pendahuluan. Kegiatan pendahuluan merupakan kegiatan yang memuat penugasan *primitive knowing*. Penugasan ini digunakan untuk menggali kemampuan siswa pada materi prasyarat yaitu fungsi dan pola bilangan.

Setelah mengembangkan LKPD, peneliti mengembangkan RPP. RPP yang dikembangkan memuat informasi umum, dan langkah-langkah pembelajaran. Pada informasi umum peneliti memuat termasuk didalamnya tujuan pembelajaran, pendekatan, dan metode pembelajaran. Pada RPP yang dikembangkan peneliti menggunakan pendekatan saintifik yang terdiri dari empat tahap meliputi mengamati, menanya, mengumpulkan informasi dan mengasosiasikan, serta mengomunikasikan. Sedangkan metode pembelajaran yang digunakan adalah ekspositori dan diskusi kelompok. Pemilihan pendekatan dan metode pembelajaran didasarkan pada kondisi lapangan dan fakta literatur peran pendekatan saintifik dan diskusi untuk mendukung pertumbuhan pemahaman matematis siswa.

Pada langkah-langkah pembelajaran di RPP, peneliti menyusun enam kali pertemuan dengan pertemuan pertama untuk *pretest* dan pertemuan terakhir untuk *posttest*. Sehingga terdapat empat kali pertemuan yang digunakan untuk pembelajaran efektif. Pada masing-masing pertemuan peneliti memadukan tahap-tahap pada pendekatan saintifik dengan langkah-langkah penugasan pada teori Pirie Kieren. Sementara itu, untuk alat assesmen,

peneliti menggunakan lapisan *primitive knowing* yang dikerjakan mandiri dan *pretest* untuk digunakan sebagai assesmen diagnostik, pengerjaan LKPD sebagai assesmen formatif, dan *posttest* sebagai assesmen sumatif.

Setelah mengembangkan RPP, peneliti mengembangkan soal *pretest* dan *posttest*. Secara umum baik *pretest* dan *posttest* terdiri dari empat soal. Soal pertama digunakan untuk mengukur indikator menyatakan ulang konsep dan membuat contoh dan bukan contoh. Soal kedua digunakan untuk mengukur kemampuan siswa dalam mengaitkan antar konsep. Soal ketiga digunakan untuk mengukur kemampuan siswa dalam membuat representasi konsep dalam berbagai bentuk. Sementara pada soal keempat digunakan untuk mengukur kemampuan siswa dalam menerapkan konsep untuk menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari.

3. Fase Asesmen (*Assesment Phase*)

Terdapat tiga asesmen yang dilakukan meliputi uji kevalidan, uji kepraktisan, dan uji keefektifan.

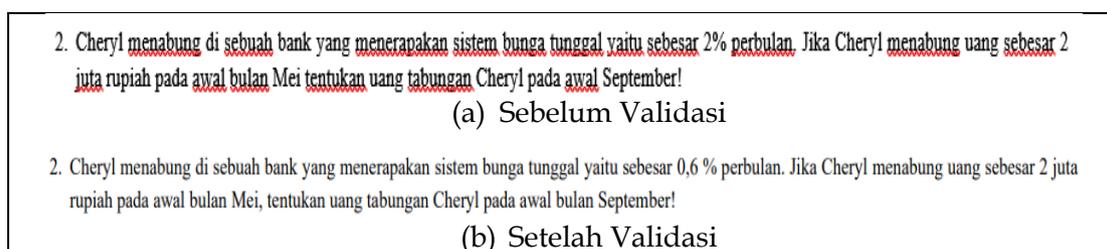
a. Uji Kevalidan.

Uji kevalidan dilakukan untuk menjamin kelayakan dari produk yang dikembangkan. Peneliti melakukan uji kelayakan dengan validator dosen matematika. Berdasarkan teknik analisis rata-rata menurut Hobri (2010) peneliti merangkum hasil validasi produk yang dikembangkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Skor Hasil Validasi Instrumen

Instrumen	Tanggal Validasi	Skor	Kriteria	Keterangan
LKPD	20 Juni 2023	3,93	Valid	Tidak perlu revisi
Pretest dan Postest	07 Agustus 2023	3,8	Valid	Tidak perlu revisi
RPP	15 Agustus 2023	3,78	Valid	Tidak perlu revisi

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa semua produk yang dikembangkan memiliki skor diatas 3,7. Sehingga menggunakan acuan pada Tabel 1 dapat dinyatakan bahwa semua produk telah memenuhi kriteria valid. Sehingga tidak diperlukan revisi. Meskipun demikian, peneliti tetap melakukan revisi kecil. Revisi yang dilakukan untuk memperbaiki *typo* dan informasi yang kurang sesuai konteks. Hasil revisi tersebut nantinya yang akan diterapkan pada uji lapangan. Gambar 1 berikut merupakan contoh revisi yang dilakukan pada soal tes.



Gambar 1. Contoh Revisi Produk (Tes)

b. Uji Kepraktisan

Uji kepraktisan dilakukan untuk menjamin keterlaksanaan pembelajaran menggunakan dari produk yang dikembangkan. Peneliti melakukan uji kepraktisan menggunakan skor observasi pembelajaran. Observer pada penelitian ini adalah guru mata pelajaran matematika. Terdapat empat pertemuan yang dilakukan observasi. Empat pertemuan tersebut adalah pertemuan yang efektif digunakan untuk pembelajaran yaitu pertemuan kedua sampai kelima. Berdasarkan teknik analisis rata-rata menurut Hobri (2010) peneliti merangkum hasil uji kepraktisan produk yang dikembangkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Skor Observasi Pembelajaran

Pertemuan Ke-	Tanggal Pelaksanaan	Skor	Kriteria
2	14 September	3,80	Sesuai
3	19 September	3,69	Sesuai
4	21 September	3,69	Sesuai
5	28 September	3,80	Sesuai

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa keempat pertemuan telah sesuai dengan modul yang dikembangkan. Skor pada masing-masing pertemuan lebih dari 3,6. Oleh karena itulah berdasarkan Tabel 2 dapat dikatakan bahwa modul ajar yang dikembangkan telah dapat diterapkan dengan baik. Sehingga memenuhi kriteria praktis. Meskipun demikian, terdapat penurunan skor pada pertemuan ketiga dan keempat. Penurunan tersebut diakibatkan karena faktor eksternal yaitu keterlambatan siswa pada mata pelajaran sebelumnya dan kurang kondusifnya pembelajaran akibat adanya kegiatan sekolah. Sehingga beberapa aktivitas tidak berjalan maksimal. Meskipun demikian, kondisi tersebut bisa dijadikan sebagai bahan evaluasi pada pertemuan berikutnya. Gambar 2 berikut adalah beberapa contoh dokumentasi pembelajaran yang dilaksanakan.



Gambar 2. Dokumentasi Penerapan Produk

c. Uji Keefektifan

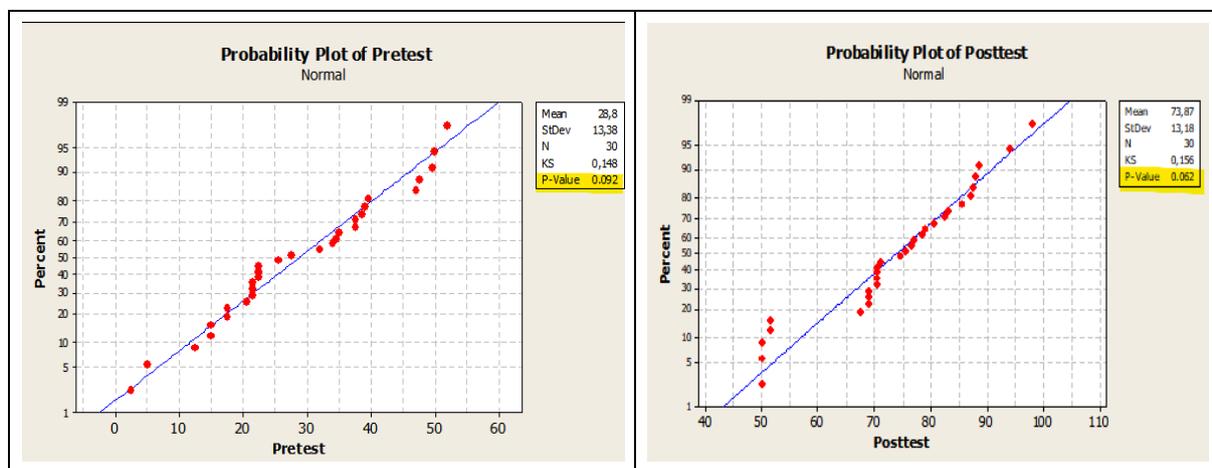
Uji keefektifan digunakan untuk menjamin keberhasilan produk yang dikembangkan untuk mendukung pertumbuhan pemahaman matematis siswa. Pada proses ini peneliti menggunakan data nilai *pretest* dan *posttest* siswa. Tabel 5 berikut merupakan ringkasan hasil tes siswa pada *pretest* dan *posttest*.

Tabel 5. Ringkasan Hasil Tes Siswa

No	Variabel	Nilai <i>Pretest</i>	Nilai <i>Posttest</i>
1.	Jumlah Siswa	30	30
2.	Rata-rata	28,8	73,87
3.	Standar Deviasi	13,38	13,18
4.	Nilai Maksimum	52	98
5.	Nilai Minimum	2,5	50
6.	Nilai Maksimum Ideal	100	100

Berdasarkan Tabel 5, terlihat bahwa terdapat perubahan rata-rata nilai tes siswa pada saat sebelum dan sesudah penelitian. Akan tetapi perubahan tersebut belum dapat disimpul-

kan signifikansinya. Untuk itulah peneliti melakukan uji statistik. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan uji-t (*independent samples*). Oleh karena itulah, sebelum dilakukan uji-t, perlu dilakukan uji prasyarat analisis parametrik terlebih dahulu. Uji parametrik yang dilakukan adalah uji normalitas (menggunakan *Kolmogorov Smirnov*) dan homogenitas (menggunakan *Levene Test*) dengan taraf signifikansi $\alpha = 5\% = 0,05$. Kedua uji dilakukan menggunakan software *Minitab 16*. Gambar 3 berikut merupakan hasil uji normalitas yang dilakukan.



Gambar 3. Hasil Uji Normalitas Nilai Tes Menggunakan *Minitab 16*

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh *P-Value* untuk nilai *pretest* adalah 0,092. Sementara itu *P-value* untuk nilai *posttest* adalah 0,062. Karena nilai *P-Value* masing-masing tes memiliki nilai lebih dari 0,05 ($P\text{-Value} > \alpha$), berdasarkan Blumann (2009) kondisi ini menunjukkan bahwa kedua data tersebut masing-masing berdistribusi normal (memenuhi asumsi normal). Oleh karena itu, peneliti melanjutkan uji parametrik lainnya yaitu uji homogenitas. Gambar 4 berikut merupakan hasil uji homogenitas menggunakan *Minitab 16*.

Tests				
Method	DF1	DF2	Test Statistic	P-Value
F Test (normal)	29	29	1,03	0,937
Levene's Test (any continuous)	1	58	0,28	0,597

Gambar 4. Hasil Uji Homogenitas Menggunakan *Minitab 16*

Berdasarkan Gambar 4 diperoleh *P-Value* untuk *Levene Test* adalah 0,597. Karena nilai *P-Value* memiliki nilai lebih dari 0,05 ($P\text{-Value} > \alpha$). Berdasarkan Blumann (2009) kondisi ini menunjukkan bahwa varians data *pretest* dan *posttest* adalah homogen (memenuhi asumsi homogen).

Setelah memenuhi asumsi normal dan homogen, peneliti melakukan uji hipotesis menggunakan menggunakan uji-t *independent samples*. Uji tersebut dilakukan untuk menguji signifikansi perbedaan rata-rata antara nilai *pretest* dan *posttest* siswa. Pada uji-t yang dilakukan, peneliti menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 5\% = 0,05$. Adapun hipotesis dan hasil uji pada uji statistik yang dilakukan adalah sebagai berikut.

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (Tidak ada perbedaan rata-rata nilai *pretest* dan *posttest*)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (Terdapat perbedaan rata-rata nilai *pretest* dan *posttest*)

Two-Sample T-Test and CI: Pretest; Posttest				
Two-sample T for Pretest vs Posttest				
	N	Mean	StDev	SE Mean
Pretest	30	28,8	13,4	2,4
Posttest	30	73,9	13,2	2,4
Difference = mu (Pretest) - mu (Posttest)				
Estimate for difference: -45,07				
95% CI for difference: (-51,93; -38,20)				
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -13,14 P-Value = 0,000 DF = 58				
Both use Pooled StDev = 13,2803				

Gambar 5. Hasil Uji-t Menggunakan Bantuan *Minitab*

Berdasarkan Gambar 5 diperoleh informasi bahwa *P-Value* adalah 0,000 Karena $0,000 < 0,05$ ($P\text{-Value} < \alpha$), berdasarkan Blumann (2009) maka H_0 ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa cukup bukti menolak bahwa tidak ada perbedaan rata-rata nilai *pretest* dan *posttest*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat kenaikan signifikan antara rata-rata *pretest* dan *posttest* siswa. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa produk yang dikembangkan efektif dalam mendukung pertumbuhan pemahaman matematis siswa.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, modul ajar yang dikembangkan telah memenuhi aspek valid, praktis, dan efektif dalam mendukung pertumbuhan pemahaman matematis. Sehingga hasil penelitian ini dapat melengkapi hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan Putri & Susiswo (2021) dan Hakim & Murtafiah (2021). Pada kedua penelitian tersebut pengembangan yang dilakukan masih fokus pada pengembangan LKPD berbasis Pirie Kieren saja. Selain itu, pada kedua penelitian tersebut uji keefektifan yang dilakukan masih menggunakan statistik deskriptif. Sehingga hasil pengembangan yang dilakukan peneliti ini merupakan bentuk kelanjutan dari kedua pengembangan tersebut.

Pada penelitian ini, peneliti juga berusaha mengintegrasikan teori Pirie Kieren secara utuh pada pembelajaran yang dirancang. Tindakan ini dilakukan mengingat pentingnya integrasi model Pirie Kieren untuk mendorong terlaksananya pembelajaran yang konstruktivis yang mendukung pemahaman matematis siswa (Irvine, 2017). Penelitian yang dilakukan juga merupakan bentuk tindak lanjut dari penelitian Wright (2014) yang hanya mengintegrasikan lima dari delapan lapisan pada teori Pirie Kieren. Internalisasi teori Pirie Kieren secara utuh pada pembelajaran dianggap sebagai solusi baru yang mampu menggabungkan konstruktivis metakognitif (Putri dkk, 2023) dan *Problem Based Learning* (Rahmananda dkk, 2024; Safithri & Saputri, 2023). Sehingga siswa dapat mengonstruksi pemahaman matematis mereka melalui permasalahan yang diberikan secara mandiri. Penggunaan teori Pirie Kieren pada penyusunan modul ajar yang dikembangkan juga memungkinkan untuk digunakannya permasalahan kehidupan nyata pada kasus yang disajikan pada LKPD. Mengingat penggunaan LKPD berbasis RME (*Realistic Mathematics Education*) dapat pula secara efektif mendukung pertumbuhan pemahaman matematis siswa (Fitriyani dkk, 2023). Sehingga penggunaan teori Pirie Kieren pada modul ajar dapat dikembangkan secara lebih fleksibel menyesuaikan dengan kebutuhan.

Penggunaan pendekatan saintifik dan metode diskusi kelompok juga menjadi salah satu faktor yang mendukung pertumbuhan siswa pada pembelajaran ini. Fakta ini mendukung hasil penelitian Warner & Schorr (2004) tentang interaksi antar siswa yang dapat mendukung siswa membangun pemahamannya. Meskipun pendekatan saintifik terbukti berhasil membantu pertumbuhan pemahaman matematis siswa, akan tetapi menurut Tambunan (2019) strategi pembelajaran *problem solving* terbukti lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman matematis daripada pendekatan saintifik.

Secara umum, pengembangan yang dilakukan peneliti ini merupakan salah satu cara untuk memaksimalkan lima dimensi ruang kelas yang mendukung pertumbuhan pemahaman matematis meliputi sifat tugas belajar, peran guru, sosial budaya kelas, aksesibilitas, dan jenis alat (bahan ajar) (Hiebert, 1997). Meskipun rancangan yang dibuat telah terbukti valid, praktis, dan efektif, namun penelitian ini belum bisa mendeskripsikan proses pertumbuhan pemahaman matematis selama pembelajaran. Mengingat proses perkembangan pemahaman matematis siswa terjadi selama pembelajaran (Parameswaran, 2010). Oleh karena itu penelitian lanjutan tentu perlu dapat dilakukan.

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan sebelumnya penelitian ini telah berhasil mengembangkan modul ajar pada materi barisan dan deret. Modul ajar yang dikembangkan meliputi LKPD, RPP, dan soal tes. Modul ajar yang dikembangkan telah memenuhi aspek valid dibuktikan dengan skor validasi semua produk berada di atas 3,7. Modul ajar yang dikembangkan juga memenuhi aspek praktis dibuktikan dengan skor observasi pada empat pertemuan pembelajaran mendapat skor di atas 3,6. Melalui uji-t, juga dapat dibuktikan bahwa produk yang dihasilkan dapat meningkatkan pemahaman matematis siswa dengan signifikan. Sehingga dapat dikatakan telah memenuhi aspek efektif.

Meskipun pengembangan yang dilakukan telah memenuhi aspek valid, praktis, dan efektif, penelitian lanjutan tentu perlu dilakukan. Penelitian lanjutan yang dapat dilakukan adalah dengan mengembangkan modul ajar yang sama namun dengan pendekatan atau metode belajar yang berbeda untuk lebih memaksimalkan pertumbuhan pemahaman matematis siswa. Penelitian lanjutan juga perlu dilakukan untuk mengamati proses pertumbuhan pemahaman matematis siswa mengingat pemahaman matematis siswa bertumbuh selama proses pembelajaran terjadi.

Daftar Rujukan

- Andamon, J. C., & Tan, D. A. (2018). Attitude And Performance In Mathematics Of Grade 7 Students Article in. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 7(8). www.ijstr.org
- Anzani, V., Dasari, & Ariati. (2022). Learning Obstacles Analysis of Indonesian High School Students on Geometric Sequence. *AIP Conference Proceedings* 2468, <https://doi.org/10.1063/5.0114169>
- Ariyanto, L., Aditya, D., & Dwijayanti, I. (2019). Pengembangan Android Apps Berbasis Discovery Learning Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematis Siswa Kelas VII. *Edumatika: Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 2(1), 40. <https://doi.org/10.32939/ejrpm.v2i1.355>
- Bluman, A., G.(2009). *Elementary Statistics: A Step by Step Approach*. 7th edition. New York: Mc. Grow Hill.
- Brod, G. (2021). Toward an understanding of when prior knowledge helps or hinders learning. In *npj Science of Learning* (Vol. 6, Issue 1). Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00103-w>
- Cavanagh, M. (2007). Year 7 Students' Understanding of Area Measurement. *Proceedings of the 21st biennial conference of the Australian Association of Mathematics Teachers Inc.* Australia
- Earls, D. (2017). Student's Misconceptions of Sequences and Series In Second Semester Calculus. *Doctoral Dissertations* (University of New Hampshire) <https://scholars.unh.edu/dissertation/156>
- Fitriyani, D., Hutapea, N.M., & Syofni, S. (2023). Pengembangan LKPD Materi Perbandingan Berbasis RME untuk Memfasilitasi Kemampuan Pemahaman Matematis Peserta Didik. *AKSIOMA*, 12 (1) : 994-1005.

- Giyarti, G. (2021). Pendekatan Pembelajaran Open Ended Terhadap Peningkatan Kemampuan Matematis Siswa SMP. *Prisma*, 10 (2) : 234-243.
<https://doi.org/10.35194/jp.v10i2.1836>
- Hakim, F., & Murtafiah. (2021). Pengembangan LKM Berpandu Teori Pirie-Kieren Untuk Meningkatkan Kemampuan Pembuktian Matematis Teori Grup. *SAINTIFIK*, 7(1), 26–33.
<https://doi.org/10.31605/saintifik.v7i1.277>
- Hiebert, J., Carpenter, T.P., Fennema, E., Fuson, K.C., Wearne, D., Murray, H., Olivier, A., & Human, P. (1997). *Making Sense: Teaching and Learning Mathematics with Understanding*. Portsmouth, NH : Heinemann
- Hobri. (2010). *Metodologi Penelitian Pengembangan*. Jember: Pena Salsabila
- Hussein, S., Ratnaningsih, N., & Ni'mah, K. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Menggunakan Smart Application Creator. *PRISMA*, 11(2), 595.
<https://doi.org/10.35194/jp.v11i2.2621>
- Irvine, J. (2017). From Description to Prescription: A Proposed Theory of Teaching Coherent With The Pirie-Kieren Model for The Dynamical Growth of Mathematical Understanding. *Journal of Instructional Pedagogies*, Vol 7.
- Kemendikbud. (2016). *Permendikbud Nomor 21 Tahun 2016 Tentang Standar Isi Pendidikan Dasar dan Menengah*.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (Eds.). (2001). *Adding it Up: Helping Children Learn Mathematics*. Washington, DC: National Academy Press.
- Kusnadi, F. N., Karlina Rachmawati, T., & Sugilar, H. (2021). Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa Pada Materi Trigonometri. *SJME (Supremum Journal of Mathematics Education)*, 5(2). <https://doi.org/10.35706/sjme.v5i2.5140>
- Mulyani, A., Kurnia, E., Indah, N., Angga, D., & Satria, P. (2018). Analisis Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa SMP Pada Materi Bentuk Aljabar. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika* 7(2).
- Musyrifah, E., Afgani Dahlan, J., Cahya, E., & Hafiz, M. (2022). Analisis Learning Obstacles Mahasiswa Calon Guru Matematika Pada Konsep Turunan. *FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*, 8(2), 187. <https://doi.org/10.24853/fbc.8.2.187-196>
- Nurjanah, Dahlan, J. A., & Wibisono, Y. (2020). The Effect of Hands-On and Computer-Based Learning Activities on Conceptual Understanding and Mathematical Reasoning. *International Journal of Instruction*, 14(1), 143–160.
<https://doi.org/10.29333/IJI.2021.1419A>
- Parameswaran, R. (2010). Expert Mathematicians' Approach to Understanding Definitions. *The Mathematics Educator*. 20(1): 43-51.
- Pirie, S.E.B., & Schwarzenberger, R.L.E. (1988). Mathematical Discussion and Mathematical Understanding. *Educational Studies in Mathematics*. 19(1):459-470
- Pirie, S., & Thomas, K. (1989). A Recursive Theory of Mathematical Understanding. *For the Learning of Mathematics*. 9(3):7-11.
- Pirie, S., & Thomas, K. (1994). Growth in Mathematical Understanding: How can We Characterise it and How can We Represent it? *Educational Studies in Mathematics*. 26: 165-190
- Plomp, T., & Nieveen, N. (2010). *An Intruduction to Educational Design Research*. Netherlands: SLO Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Putri, R. A., & Susiswo. (2020). Analysis of Layer of Primitive Knowing of High School Students in Linear Function Material: A Study of Application of Student Activity Sheets Based on Pirie Kieren Theory. *AIP Conference Proceedings*, 2215.
<https://doi.org/10.1063/5.0000525>
- Putri, R.A, & Susiswo. (2021). Pengembangan Lembar Kegiatan Siswa (LKS) Berbasis Teori Pertumbuhan Pemahaman Matematis Pirie Kieren pada Materi Fungsi Linier Kelas X

- SMA/MA. *Jurnal MIPA dan Pembelajarannya*, 1(9).
<https://doi.org/10.17977/um067v1i9p687-693>
- Putri, R. A., Viantasari, E., Khoirunnisya, M., & Fatah, Z. (2023). Konstruksi Rumus Luas Segiempat dan Segitiga Menggunakan Media Gospel Berbasis Konstruktivis-Metakognitif. *PRISMA*, 12(1), 93. <https://doi.org/10.35194/jp.v12i1.2770>
- Rahmanda, T., Haryadi, R., & Darma, Y. (2024) Kemampuan Pemahaman Matematis Melalui Inovasi Video Pembelajaran Berbasis Model Problem Based Learning. *Mathema*, 6 (1), 90-102. <https://doi.org/10.33365/jm.v6i1.3154>.
- Safithri, R., & Saputri, R. (2023). Pengembangan Bahan Ajar Matematika Berbasis Problem Based Learning Materi SPLDV Kelas X SMA. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 784-795. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i1.1827>
- Skemp, R. (1987). *The Psychology of Learning Mathematics*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Tambunan, H. (2019). The Effectiveness of the Problem Solving Strategy and the Scientific Approach to Students' Mathematical Capabilities in High Order Thinking Skills. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(2). <https://doi.org/10.29333/iejme/5715>
- Usiskin, Z.(2012). What Does it Mean to Understand Some Mathematics?.*Makalah disajikan pada Twelfth International Congress on Mathematical Education, Seoul, 08-15 Juli.*
- Warner, L., & Schorr, R. (2004). From Primitive Knowing to Formalising: The Role of Student to Student Questioning in The Development of Mathematical Understanding. *Proceedings of the Twenty-Sixth Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education: Building Connections Between Communities* Toronto, Ontario.
- Wright, V. (2014). Frequencies as proportions: Using a Teaching Model Based on Pirie and Kieren's Model of Mathematical Understanding. *Mathematics Education Research Journal*, 26(1), 101-128. <https://doi.org/10.1007/s13394-014-0118-7>
- Yao, Y., Hwang, S., & Cai, J. (2021). Preservice teachers' mathematical understanding exhibited in problem posing and problem solving. *ZDM - Mathematics Education*, 53(4), 937-949. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01277-8>