

## DESAIN PEMBELAJARAN MATERI EKSPONEN DENGAN KONTEKS PERKEMBANGAN TUBUH MANUSIA

Eka Susanti, Zulkardi, dan Yusuf Hartono  
Universitas Sriwijaya  
email: susantieka10@gmail.com

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan lintasan belajar konsep eksponensial menggunakan konteks pembelahan sel yang terjadi pada perkembangan tubuh manusia untuk membantu pemahaman siswa tentang konsep eksponen. Metode penelitian ini menggunakan desain riset yang terdiri dari tiga tahapan. Penelitian dilaksanakan di kelas IX (yaitu, 6 siswa pada pilot experiment dan 32 siswa pada *teaching experiment*) SMP Negeri di Palembang. Data dikumpulkan dengan teknik rekaman video, wawancara, observasi, dokumentasi, dan tes (pretes dan postes). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas yang dirancang dapat mendorong siswa untuk melihat bentuk penggandaan yang terjadi melalui pemodelan (bagan/skema) yang siswa buat sendiri, siswa memiliki ide untuk menghitung jumlah anakan sel yang terbentuk sebagai hasil pembelahan kemudian menggunakan bilangan kelipatan untuk menentukan banyak anakan sel yang baru. Dari bilangan kelipatan, muncul ide untuk menyatakannya kedalam bentuk perkalian berulang yang membawa siswa ke dalam definisi bentuk pangkat. Pada akhir pertemuan, siswa menemukan sifat operasi bilangan berpangkat melalui definisi bilangan berpangkat.

**Kata Kunci:** *bilangan pangkat, desain riset, PMRI*

### BUILDING STUDENT'S UNDERSTANDING OF EXPONENT CONCEPT USING THE GROWTH OF THE HUMAN

**Abstract:** This research is aimed to create a learning trajectory of exponential concept using the context of cell division in the human body. Design research was chosen as the research method consisting of three main phases. This research was conducted in class IX in a public junior high school in Palembang. The result showed the design activity can encourage students to look at the form of duplication through modeling (charts/schemes) that students make themselves, the students had the idea to count the number of tillers cells that are formed as a result of cleavage then apply multiples to determine the number of seedlings of the new cell. from the multiple of numbers, the idea of putting it into the form of repeated multiplication takes students into the definition of the power to a number, and then the properties of exponential forms.

**Keywords:** *exponent, design research, RME*

#### PENDAHULUAN

Gravemeijer (2011) menyatakan bahwa matematika adalah abstrak sehingga dalam memahami matematika sebaiknya menggunakan hal-hal yang nyata yang diketahui siswa agar terbangun koneksi antara siswa dengan apa yang diketahui guru. Eksponen merupakan salah satu materi abstrak pada mata pelajaran matematika yang diberikan di SMP Kelas IX. Memahami eksponen adalah bagian penting dari kurikulum matematika sekolah yang dimulai dari sekolah menengah pertama, sekolah menengah atas, dan perguruan tinggi. Weber (2002) mengemukakan bahwa eksponen dan logaritma merupakan

konsep-konsep matematika yang penting serta berguna untuk pemahaman pertumbuhan populasi, peluruhan radioaktif, dan bunga majemuk. Beberapa penelitian yang dilakukan oleh Ozkan dan Ozkan (2012), Hewson (2013), Kumalasari, Nusantara, dan Sa'dijah (2016) menyimpulkan bahwa banyak siswa yang tidak bisa menyelesaikan permasalahan eksponen dikarenakan salah satunya karena kesalahan menerapkan konsep eksponen.

Salah satu ahli matematika berkebangsaan Prancis yang pertama kali memperkenalkan cara menuliskan perkalian berulang dengan menggunakan notasi bilangan berpangkat atau notasi ek-

sponen adalah Rene Descartes (1596-1650). Van De Walle (2008) mengemukakan bahwa ketika bilangan-bilangan dalam dunia teknologi menjadi sangat kecil atau sangat besar maka menyajikannya dalam bentuk standar tidaklah praktis. Notasi Pangkat jauh lebih efisien untuk menyampaikan informasi numeric atau kuantitatif. Untuk materi eksponen, Weber (2002) mengatakan bahwa “*learners understand exponential and logarithmic functions through exponentiation as an action and process, exponential expressions are the results of the process and generalisation.*” yang artinya peserta didik dapat memahami eksponensial dan logaritma melalui eksponensial sebagai tindakan dan proses, ekspresi eksponensial adalah hasil dari proses dan generalisasi. NCTM (2010), Mousel (2006), dan Van De walle (2008) mengemukakan bahwa fungsi eksponensial menggambarkan banyak masalah nyata yang melibatkan pertumbuhan atau peluruhan. Hal yang dikemukakan oleh tiga pendapat diatas dapat terlihat dari pertumbuhan manusia. Dalam pertumbuhan dan perkembangan tubuh manusia tidak bisa dipungkiri bahwa terdapat pembelahan sel yang terlibat di dalam proses tersebut. Pembelahan sel yang terjadi pada tubuh manusia terdiri dari dua macam yakni pembelahan sel secara mitosis dan pembelahan sel secara meiosis. Pembelahan sel secara mitosis terjadi pada perkembangan sel tubuh (sel somatic) sedangkan pembelahan sel secara meiosis terjadi pada sel kelamin.

Konteks pertumbuhan tubuh manusia bisa dijadikan konteks nyata yang sesuai dengan pendekatan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI). Pendekatan PMRI telah diperkenalkan sejak 2001 dan banyak digunakan dalam upaya memperbaiki minat siswa, sikap dan hasil belajar (Supardi, 2012). Pembelajaran matematika dengan pendekatan PMRI bertitik tolak dari konteks atau situasi “real” yang pernah dialami oleh siswa yang merupakan jembatan untuk menghubungkan siswa dari tahap real ke arah formal matematik. Sembiring (2010) mengatakan bahwa PMRI dikatakan sebagai Realistic Mathematics Education (RME), yang dikembangkan di Belanda, versi Indonesia karena konsepnya disesuaikan dengan kebudayaan Indonesia dan berlandaskan teori RME.

Ada tiga prinsip yang dikemukakan oleh Gravmeijer (1994) dalam pembelajaran PMRI, yaitu sebagai berikut. (1) Penemuan terbimbing

dan matematisasi progresif (*guided reinvention and progressive mathematizing*). Melalui cara-cara penyelesaian masalah secara informal, siswa dengan sendirinya akan melakukan aktivitas penemuan kembali sifat-sifat atau teori-teori matematika yang sudah ada. Guru memberikan bimbingan kepada siswa melalui pertanyaan-pertanyaan yang mengarahkan pada berfikir matematis. (2) Fenomenologi didaktik (*didactical phenomenology*). Situasi atau fenomena mendidik yang dimengerti oleh siswa akan memudahkan siswa dalam melakukan langkah-langkah penyelesaiannya karena siswa merasa membutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Oleh karena itu pada PMRI siswa mencoba mencapai dan merangkai penyelesaian masalah untuk membentuk pengetahuan mereka sendiri. (3) Model yang dikembangkan sendiri (*self developed models*). Kegiatan ini berperan sebagai jembatan antara pengetahuan bagi siswa dari situasi real ke situasi abstrak atau dari informal ke formal matematika. Siswa membuat atau menggunakan model dalam menyelesaikan masalah dengan suatu proses generalisasi dan formalisasi.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Supardi (2012), Simanulang (2014), dan Hernawati (2016) menyimpulkan bahwasanya pendekatan PMRI memberikan pengaruh positif dalam meningkatkan hasil belajar, aktivitas, dan meningkatkan pemahaman konsep matematis siswa Sekolah Menengah Pertama. Seperti uraian di awal mengenai konsep eksponensial, materi ini perlu diketahui lebih detail bagaimana jika dipelajari dengan pendekatan PMRI.

Dalam penelitian ini, disusun desain pembelajaran materi eksponen untuk SMP, menggunakan konteks pembelahan sel sebagai konteks awal di SMP. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan desain pembelajaran dengan pendekatan PMRI dalam memahami konsep eksponen yang implementatif.

## METODE

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian desain (*design research*) (Bakker, 2004) yang merupakan salah satu bentuk pendekatan kualitatif dengan mendesain pembelajaran pada materi bilangan berpangkat dengan pendekatan PMRI untuk kelas IX SMP menggunakan hasil pembelahan sel sebagai konteks awal pembel-

jaran. Ada 3 tahap dalam *design research* yaitu: *Preparing for the experiment, the design experiment, dan the retrospective analysis* (Gravemeijer dan Cobb, 2006; Bakker, 2004). Tiga tahapan dalam *design research* juga dilakukan dalam penelitian ini diuraikan di bawah ini:

Tahap I: *Preparing for the experiment*. Pada tahap ini peneliti mengkaji studi literatur mengenai eksponen, pendekatan PMRI, kurikulum dan *design research* sebagai landasan dalam mendesain lintasan belajar. Hal-hal yang dilakukan dalam tahap ini adalah 1) Menganalisis tujuan pembelajaran sesuai dengan kurikulum yang berlaku; 2) Menentukan dan menetapkan kondisi awal penelitian; 3) Mendesain dan mendiskusikan konjektur atau *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT) yang dikembangkan bersama tim peneliti dan guru. HLT memuat langkah-langkah pembelajaran dengan urutan materi mengikuti pendekatan PMRI; 4) Menentukan karakter kelas dan peran guru. Selain itu, peneliti melakukan observasi kelas, wawancara dengan guru untuk mengetahui keadaan dan kemampuan awal siswa yang menjadi subjek penelitian. Kemudian peneliti mendiskusikan mengenai jadwal pelaksanaan.

HLT dalam penelitian ini terdiri atas tiga aktivitas untuk memahami konsep eksponen yaitu: (1) Siswa melihat kemampuan siswa menggambar hasil pembelahan sel yang terbentuk dari setiap pembelahan melalui video; (2) Siswa dapat menjelaskan pengertian bilangan berpangkat melalui pertanyaan-pertanyaan yang ada di lembar aktivitas; (3) Siswa mengaplikasikan informasi mengenai definisi bilangan berpangkat untuk menemukan sifat operasi bilangan berpangkat melalui pertanyaan-pertanyaan yang ada di lembar aktivitas.

Tahap II: *Design experiment*. Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah mengimplementasikan desain pembelajaran pembelajaran yang telah di desain pada tahap pertama. Ada 2 siklus pada tahapan ini yaitu *pilot experiment* sebagai siklus 1 dan *teaching experiment* sebagai siklus 2. Siklus 1 bertujuan untuk meningkatkan kualitas HLT yang telah di desain sehingga diperoleh HLT yang lebih baik untuk diterapkan pada siklus 2. Siklus 1 melibatkan 6 orang siswa dari kelas yang bukan merupakan kelas eksperimen, terdiri dari siswa yang berkemampuan tinggi, sedang, dan rendah. Sedangkan siklus 2 melibatkan satu kelas siswa yang terdiri dari 32 siswa dari salah satu kelas IX.

Peneliti dan guru akan berdiskusi tentang sederetan aktivitas yang telah di desain. Setelah pembelajaran pada setiap pertemuan, peneliti dan guru melakukan refleksi mengenai kekurangan dan kelebihan selama proses pembelajaran berlangsung. Selama *teaching experiment*, HLT berfungsi sebagai pedoman utama langkah-langkah pembelajaran, wawancara dan observasi.

Tahap III. *Restropective analysis*. Pada tahap ini semua data yang diperoleh selama *teaching experiment* dianalisis. HLT berfungsi sebagai acuan utama untuk menentukan hal-hal apa saja yang menjadi fokus dalam melakukan analisis. HLT tersebut dibandingkan dengan pelaksanaan pembelajaran nyata atau keadaan riil siswa dalam hal ini strategi dan proses berpikir siswa yang benar-benar terjadi pada saat proses pembelajaran. Hal yang dianalisis tidak hanya hal-hal yang mendukung HLT melainkan juga contoh yang kontradiksi dengan konjektur yang di desain. Hasil dari *retrospective analysis* digunakan untuk menjawab rumusan masalah atau pertanyaan penelitian, membuat kesimpulan maupun rekomendasi bagaimana HLT dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

Subjek yang dilibatkan dalam penelitian adalah siswa kelas IX SMP Negeri di Oku Selatan, Palembang berjumlah 32 siswa dan seorang guru di kelas tersebut yang berperan sebagai guru model untuk mengajarkan Bilangan berpangkat.

Teknik pengumpulan data: Selama melakukan penelitian, beberapa teknik pengumpulan data dikumpulkan dan dianalisis untuk memperbaiki HLT yang telah di desain. Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada setiap tahap dalam penelitian sesuai dengan HLT yang diterapkan.

Rekaman Video: Strategi yang digunakan siswa ketika proses pembelajaran dalam Lembar Aktivitas Siswa (LAS) diamati dari video. Lembar aktivitas siswa merupakan kumpulan dari aktivitas siswa yang memuat hasil pekerjaan siswa dalam menyelesaikan masalah-masalah mengenai konsep bilangan berpangkat. LAS berisikan aktivitas-aktivitas yang akan dilakukan oleh siswa. Dari aktivitas-aktivitas tersebut, terdapat masalah-masalah yang akan diselesaikan sesuai dengan tujuan pembelajaran yang akan tercapai. Rekaman video ini dilaksanakan pada tahap *Preparing for the experiment* dan *design experiment* dari siklus 1 (*pilot eksperimen*) maupun siklus 2 (*teaching eksperimen*) yang ditujukan untuk

merekam seluruh kegiatan yang terjadi di dalam kelas baik secara individu, kelompok maupun diskusi kelas.

Observasi: Observasi dilakukan pada tahap *Preparing for the experiment*, dan *design experiment* dengan menggunakan rekaman video dan catatan lapangan. Observasi pada tahap *Preparing for the experiment* digunakan untuk mengetahui secara garis besar mengenai metode guru dalam mengajar, pengorganisasian kelas, peraturan yang berlaku di kelas, pengaturan waktu kegiatan belajar mengajar siswa, dan kemampuan awal siswa yang dijadikan subjek penelitian. Observasi pada tahap *design experiment* dilakukan pada saat *pilot experiment* dan *teaching experiment*. Observasi pada tahap ini digunakan untuk mengetahui secara garis besar mengenai aktivitas siswa selama pembelajaran sesuai dengan rancangan HLT yang dibuat.

Wawancara: Wawancara terdapat pada tahap *Preparing for the experiment*, dan *design experiment*. Pada tahap *preparing for the experiment* wawancara dilakukan kepada guru model seputar kesulitan pembelajaran eksponen selama ini, dan wawancara untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa, serta pengalaman guru mengajar dengan pendekatan PMRI. Sedangkan pada tahap *design experiment* wawancara terdapat pada siklus 1 (*pilot experiment*) dan siklus 2 (*teaching experiment*) wawancara dilakukan terhadap pemahaman dan penyelesaian siswa yang berbeda atau yang memiliki penyelesaian berbeda dengan HLT yang telah di desain. Wawancara dapat dilakukan sebelum, saat, dan sesudah proses pembelajaran sesuai dengan tujuan penelitian. Wawancara ini bertujuan untuk mengetahui kemajuan dan pemahaman siswa tentang konsep bilangan berpangkat. Selain itu wawancara juga digunakan sebagai data yang tidak tertulis oleh siswa pada LAS.

Dokumentasi: Mendokumentasikan seluruh hasil kegiatan siswa berupa foto dan rekaman video selama kegiatan pembelajaran dan hasil jawaban siswa sebagai bukti pelaksanaan penelitian. Penggunaan dokumentasi berupa kamera foto dan rekaman video dilakukan pada tahap *pilot experiment* dan *Teaching experiment*.

Pretest dan Postes: Pretest dilaksanakan bertujuan untuk mengetahui tingkat pemahaman awal siswa yang dijadikan subjek penelitian dan apa yang seharusnya mereka pelajari. Data

ini berupa jawaban, strategi dan alasan yang digunakan peserta didik untuk menyelesaikan masalah yang diberikan. Pretest dilaksanakan sebelum pembelajaran pada waktu penelitian *pilot experiment* dan *teaching experiment*. Postes dilaksanakan setelah proses pembelajaran baik pada penelitian *pilot experiment* dan *teaching experiment* yang bertujuan untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa terhadap materi yang diajarkan dengan desain yang dirancang dan apa saja yang telah dipelajari. Data ini berupa jawaban, strategi, dan alasan yang digunakan siswa untuk menyelesaikan masalah yang diberikan.

Teknik analisis data: Pembelajaran dianalisis untuk mengamati apa yang dilakukan oleh siswa dan guru, dan bagaimana aktivitas yang terjadi selama pembelajaran berlangsung. Analisis data diikuti oleh tim peneliti bersama-sama untuk meningkatkan validitas hasil analisis data pada penelitian ini. Analisis hasil rekaman, wawancara dan dokumentasi dilakukan secara kualitatif.

Analisis hasil rekaman: Rekaman video merupakan data utama yang diperlukan untuk menjawab pernyataan penelitian. Rekaman video menunjukkan aktivitas siswa selama proses pembelajaran. Video kegiatan di transkrip untuk mengetahui sejauh mana kemampuan matematika siswa mulai tampak dan berkembang, terlihat dari aktivitas, strategi, pertanyaan-pertanyaan yang diajukan siswa serta jawaban-jawaban siswa dari pertanyaan-pertanyaan yang diajukan yang menggunakan LAS, baik pada saat pembelajaran maupun pada saat wawancara. Pendapat atau ide-ide siswa yang terekam selama proses pembelajaran ini dapat disajikan sebagai jawaban dalam rumusan masalah penelitian dan dibandingkan pula dengan HLT yang telah di desain.

Analisis hasil observasi: Data hasil analisis observasi digunakan untuk membandingkan hasil pengamatan proses pembelajaran dengan HLT yang telah di desain pada saat *preparing for the experiment*. Analisis hasil wawancara: Data hasil wawancara dianalisis secara deskriptif kualitatif. Pendapat-pendapat dari guru dan siswa dari hasil wawancara dicatat. Analisis hasil dokumentasi: Data Hasil dokumentasi seperti foto dan rekaman video pada saat pembelajaran dianalisis secara deskriptif kualitatif mengenai apa saja yang ditemukan selama aktivitas pembelajaran untuk dicocokkan dengan HLT yang telah

dirancang. Dokumentasi berguna untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai aktivitas-aktivitas yang dilakukan dalam pembelajaran.

Analisis pretes dan postes: Hasil pretes di analisis untuk menyelidiki pengetahuan siswa saat itu dan mengetahui titik awal pemahaman siswa tentang konsep eksponen. Sedangkan hasil postes dianalisis untuk mengetahui perkembangan pembelajaran siswa setelah mengikuti sejumlah aktivitas yang telah dilakukan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

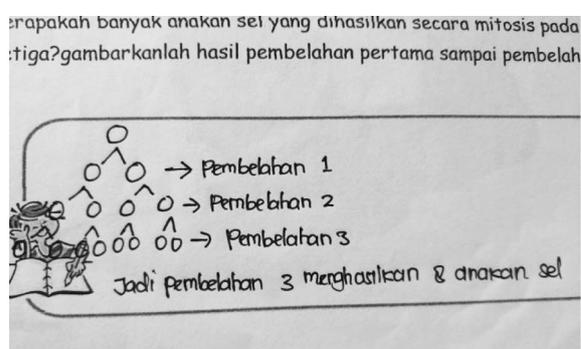
### Hasil

Ada lima permasalahan yang diberikan pada tes awal ini. Permasalahan pertama bertujuan memeriksa kemampuan siswa dalam memahami bilangan berpangkat nol. Permasalahan kedua bertujuan agar siswa menganalisis gambar dan memahami perkalian dari suatu objek. Mulanya siswa diminta mengamati skema dari sebuah gambar kemudian mengamati susunan skema dan akhirnya menemukan pola perkalian pada skema tersebut sehingga bisa menjawab hasil dari pertanyaan pada nomor 2. Selanjutnya yang ketiga siswa diminta untuk menerapkan pemahaman tentang konsep bilangan berpangkat, hal ini bertujuan untuk melihat sejauh mana pemahaman siswa tentang bilangan berpangkat. Permasalahan keempat bertujuan untuk melihat kemampuan menalar siswa untuk menentukan hasil pembelahan amoeba. Permasalahan kelima bertujuan untuk melihat kemampuan siswa mengenai operasi bilangan berpangkat. Dari tes awal ini sebanyak 0% siswa menjawab soal nomor 1; 50% siswa menjawab soal nomor 2; 6% siswa menjawab soal nomor 3; 14% menjawab soal nomor 4; dan 0% untuk siswa yang menjawab soal nomor 5.

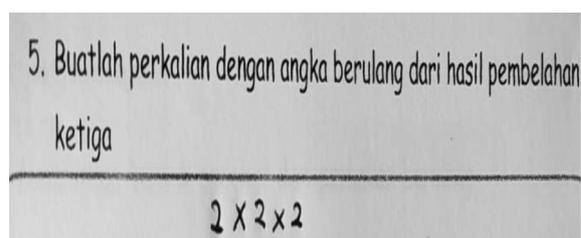
Pada penelitian ini, aktivitas siswa adalah menemukan perkalian berulang dari hasil pembelahan sel, kemudian menggunakan pengetahuan perkalian berulang untuk mendefinisikan konsep eksponen selanjutnya menggunakan definisi konsep tersebut untuk menemukan sifat eksponen yakni perkalian dua bilangan berpangkat dengan bilangan pokok yang sama, pembagian duabilangan pangkat dengan bilangan pokok yang sama, serta menemukan hasil bilangan berpangkat 0 melalui serangkaian aktivitas. Bagian ini dibahas hasil dari kegiatan siswa pada aktivitas 1, aktivitas 2, dan aktivitas 3, dimana siswa menggunakan perkalian berulang dalam

mendefinisikan dan menemukan konsep eksponen.

Pada aktivitas satu siswa terlebih dahulu diajak menonton video mengenai sel yang ada pada tubuh manusia. Tujuan dari aktivitas ini adalah melihat kemampuan siswa menggambar hasil pembelahan sel yang terbentuk dari setiap pembelahan. Setiap kelompok diberikan lembar aktivitas yang dapat memfasilitasi mereka dalam memperoleh pengetahuan sesuai dengan tujuan pembelajaran. Permasalahan yang diberikan adalah menentukan banyaknya hasil pembelahan yang terjadi pada pembelahan sel secara mitosis mulai dari pembelahan kesatu, pembelahan kedua, dan seterusnya. Berikut adalah hasil jawaban siswa pada aktivitas 1.



**Gambar 1. Jawaban Siswa dalam Memodelkan Hasil Pembelahan Sel Secara Mitosis**



**Gambar 2. Siswa Dapat Menentukan Bentuk Perkalian Berulang dari Sebuah Nilai**

Setelah siswa mengerjakan aktivitas 1 kemudian siswa mengerjakan aktivitas kedua. Tujuan aktivitas kedua ini adalah siswa dapat menjelaskan pengertian bilangan berpangkat melalui pertanyaan-pertanyaan yang ada di lembar aktivitas 2. Selain itu pada aktivitas ini siswa dapat menggunakan konsep bilangan berpangkat pada permasalahan-permasalahan yang disajikan. Berikut ini merupakan jawaban siswa mengenai bentuk perkalian berulang, perpangkatan, dan definisi perpangkatan yang mereka dapatkan.



Nah ini” mempunyai hasil yang sama 64 yang merupakan hasil 2 pangkat 6. Dilihat juga dari soal d dan e. Soal yang D itu 3 pangkat 3 di kali 3 pangkat 2 hasilnya 243 hasilnya itu sama dengan 3 pangkat 5”

Guru : “Jadi?”

Siswa : “Jadi dilihat dari pola ini, bisa juga misalnya 2 pangkat 1 dikali 2 pangkat 2 sama hasilnya Bu dengan 2 pangkat 3. Inikan 2 di kali 2 4 kali 2 sama dengan 8 jadi yang ini juga sama dengan 8”

Guru : “Jadi?”

Siswa : “Jadi yang terakhir ini tinggal dijumlahkan. 5 pangkat 20 di kali 5 pangkat 15, pangkatnya ditambah jadi sama dengan 5 pangkat 35”

Berikut ini adalah kegiatan siswa dalam menyelesaikan permasalahan kedua dan ketiga pada aktivitas ketiga.

a.  $3^5 = 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 243$   
 b.  $\frac{3^7}{3^2} = \frac{3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3}{3 \times 3} = \frac{2187}{9} = 243$   
 c. Jadi, dapat disimpulkan bahwa hasil dari  $3^5 =$  hasil dari  $\frac{3^7}{3^2}$ , yaitu 243  
 d.  $5^4 = 5 \times 5 \times 5 \times 5 = 625$   
 e.  $\frac{5^6}{5^2} = \frac{5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5}{5 \times 5} = \frac{15625}{25} = 625$   
 f. Jadi, dapat disimpulkan bahwa hasil dari  $5^4 = \frac{5^6}{5^2}$ , yaitu 625  
 g.  $\frac{6^{32}}{6^{15}} = 6^{32-15} = 6^{17}$

**Gambar 6. Jawaban Siswa Menemukan Sifat Operasi Pembagian Bilangan Berpangkat**

a.  $\frac{5^4}{5^4} = \frac{5 \times 5 \times 5 \times 5}{5 \times 5 \times 5 \times 5} = \frac{625}{625} = 1$   
 b.  $\frac{5^4}{5^4} = 5^{4-4} = 5^0$   
 c.  $5^0 = 1$   
 d.  $\frac{3^5}{3^5} = \frac{3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3}{3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3} = \frac{243}{243} = 1$   
 e.  $\frac{3^5}{3^5} = 3^{5-5} = 3^0$   
 f.  $3^0 = 1$

**Gambar 7. Jawaban Siswa Menemukan Bilangan Pangkat Nol**

Setelah siswa melakukan aktivitas 1, aktivitas 2, dan aktivitas 3, siswa diberikan postes untuk melihat kemajuan yang telah dicapai

siswa selama kegiatan *teaching experiment*. Sebagian siswa keliru dalam menjawab soal nomor 3 pada kegiatan tes akhir. Kekeliruan ini terjadi dikarenakan siswa tidak membaca soal dengan baik sehingga yang seharusnya bakteri membelah sebanyak 3 kali dalam 15 menit menjadi membelah satu kali saja dalam 15 menit. Dengan kesalahan ini akhirnya hasil yang diperoleh pun salah. Gambar 8 dan Gambar 9 berikut beberapa hasil jawaban siswa pada tes akhir.

m sebuah penelitian, diketahui seekor bakteri A berkembang biak sebanyak 3 kali tiap 15 menit. Pada menit keberapakah jumlah bakteri

15 menit = 8	60 menit = 9096
30 menit = 64	75 menit = 32.768
45 menit = 512	90 menit = 262.144

**Gambar 8. Jawaban Siswa pada Permasalahan 1**

Tentukanlah hasil dari  $\frac{2^6 \times 7^4 \times (2^3)^3}{(2^2)^2 \times 7^4 \times 4^2}$

$$\frac{2^6 \times 7^4 \times 2^{9-4}}{4^2 \times 7^4 \times 2^{2-2}} = \frac{2^6 \times 7^0 \times 2^5}{16 \times 1 \times 2^0}$$

$$= \frac{64 \times 1 \times 2^5}{16}$$

$$= 4 \times 1 \times 2^5 = 4 \times 32 = 128$$

**Gambar 9. Jawaban Siswa Mengenai Operasi Bilangan Berpangkat**

### Pembahasan

Penelitian ini menyelidiki bagaimana *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT) yang dirancang untuk pembelajaran konsep eksponen dengan pendekatan PMRI dapat diimplementasikan di kelas. Peneliti menyusun HLT berdasarkan kajian materi, tujuan pembelajaran dan analisis siswa. Peneliti memilih video sebagai media untuk mengenalkan konsep nyata dari penerapan eksponensial dalam pemecahan masalah. Kemudian, siswa menyelesaikan pertanyaan-pertanyaan dalam LAS yang membimbing siswa untuk menemukan konsep eksponensial sebagai perkalian berulang. Pertanyaan-pertanyaan dalam LAS disusun secara sistematis agar siswa dapat memahami dengan baik.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari tes awal (pretes), dapat disimpulkan bahwa siswa

sudah mampu menalar dalam menjawab soal nomor 3 dengan melihat pola gambar sedangkan dalam permasalahan bilangan berpangkat siswa belum mampu menggunakannya. Pada soal nomor 5 mereka sudah bisa menggunakan strategi mereka sendiri dalam menjawab soal tersebut. Berdasarkan hasil tersebut pula peneliti dapat menyimpulkan bahwa pengetahuan perkalian siswa cukup untuk mengikuti beberapa aktivitas yang telah dirancang pada HLT atau dengan kata lain, siswa telah memiliki materi prasyarat. Namun karena belum mengenal konsep eksponensial sama sekali, siswa masih perlu penegasan dari guru melalui pertanyaan-pertanyaan agar dapat mengarah pada konsep eksponensial. Hal ini sesuai dengan Retnowati (2017) bahwa apabila siswa menghadapi konsep baru, bimbingan guru dapat berupa pertanyaan-pertanyaan atau contoh yang disamakan agar dapat mengajak siswa berfikir matematis dan menemukan sendiri pengetahuan baru dengan pemahaman yang baik.

Berdasarkan hasil lembar aktivitas siswa yang pertama, seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2, secara umum dapat dikatakan jawaban siswa mengenai permasalahan yang diberikan sudah sesuai dengan apa yang dirumuskan sebelumnya, yaitu siswa sudah mampu menentukan banyak sel yang dihasilkan pada setiap pembelahannya dengan cara menghitung berdasarkan gambar yang siswa buat. Pada Gambar 1 tersebut terlihat proses pembelahan sel yang telah dipahami siswa melalui gambar yang siswa buat. Kesalahan terjadi pada saat membuat perkalian berulang pada hasil akhir pembelahan ketiga. Salah satu kelompok menuliskan  $8 \times 8 \times 8$  yang seharusnya perkalian berulang dari 8 adalah  $2 \times 2 \times 2$ . Hal ini terjadi karena ada kesalahan persepsi kalimat pada soal tersebut tetapi menurut guru observer hal ini tidak menjadi permasalahan karena siswa telah mengenali bentuk perkalian berulang pada pembelahan sel yang terjadi. Yang ditekankan dalam pembelajaran adalah adanya konsep perkalian berulang, meskipun demikian pemahaman siswa tersebut perlu diklarifikasi karena secara makna  $8^3$  dan  $2^3$  adalah berbeda.

Dengan adanya kemampuan ini, maka siswa diharapkan mampu menyelesaikan aktivitas yang peneliti rancang selanjutnya. Omrod (2008) mengemukakan bahwa bahwa pada saat akan memperkenalkan topik baru, kita harus mengaitkannya dengan pengetahuan yang telah

dimiliki siswa sehingga menghasilkan pembelajaran yang bermakna, mengaitkan tugas-tugas dan aktivitas di kelas dengan kebutuhan dan minat harian siswa yang spesifik, meningkatkan nilai yang dilekatkan siswa tentang berbagai masalah dan pertanyaan yang mereka pelajari di kelas, dan membantu siswa untuk menguasai keterampilan dan strategi yang akan mereka butuhkan untuk mencapai tujuan pendidikan.

Dari diskusi pada aktivitas 2 dapat diketahui bahwasanya siswa menggunakan informasi pada lembar aktivitas sebelumnya untuk membentuk bentuk pangkat yang diketahui dari perkalian berulang. Kemudian informasi tersebut di interpretasikan ke lembar kerja berikutnya untuk membentuk sebuah pangkat dari banyak pengulangan dan angka yang di ulang. Hal ini sesuai dengan HLT pada kegiatan kedua, yaitu siswa membentuk pangkat dari perkalian berulang yang diketahui.

Dari Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7 tampak bahwa siswa mengerjakan dengan cara sistematis dan dapat membuat kesimpulan dari pertanyaan-pertanyaan yang diajukan dalam lembar aktivitas. Selain itu dari diskusi pada aktivitas dapat diketahui kegiatan pembelajaran dan tujuan pembelajaran sudah sesuai dengan HLT yang telah dirancang sebelumnya. Pemaparan siswa pada percakapan tersebut menggambarkan kegiatan menganalisis, mencoba, dan membandingkan yang dilakukan oleh kelompok tersebut untuk menyimpulkan penemuan mereka. Hasil kesimpulan tersebut mereka gunakan untuk menjawab permasalahan selanjutnya. Mencoba adalah salah satu cara untuk menyelesaikan masalah matematika dan dilakukan karena siswa belum menguasai materi dasar yang menjadi prasyarat (Retnowati, 2017).

Secara umum, hasil analisis terhadap jawaban siswa pada saat tes akhir ternyata menunjukkan kemajuan jika dibandingkan dengan tes awal sebelum pelaksanaan *teaching experiment*. Hal tersebut membuktikan bahwa siswa mampu menggunakan definisi bentuk pangkat untuk menyelesaikan permasalahan yang diberikan.

Permasalahan pertama pada tes, seperti terlihat pada Gambar 8, siswa dapat menemukan hasil dari sebuah pembelahan bakteri dari menit ke menit berikutnya dengan menggunakan definisi eksponen yakni perkalian berulang. Selain itu, gambar 9 menunjukkan bahwa siswa telah mengenali bentuk perpangkatan walaupun soal

yang disajikan tidak hanya menggunakan satu bilangan pokok. Berbagai jawaban yang siswa berikan dalam menjawab persoalan eksponen. Namun dari berbagai jawaban tersebut, semua jawaban yang diberikan tidak terlepas dari definisi eksponen dan sifat eksponen yang telah mereka pelajari.

Desain HLT dengan menggunakan pendekatan PMRI dapat membantu siswa memahami konsep matematika pada materi eksponen peneliti selanjutnya agar dapat mengembangkan HLT untuk materi eksponen menggunakan konteks lain yang lebih menggunakan waktu seefektif mungkin.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa lintasan belajar yang dihasilkan dapat membantu siswa memahami konsep bentuk pangkat melalui konteks Pembelahan sel. Lintasan belajar yang telah dilalui siswa meliputi tiga aktivitas sebagai berikut.

- (a) *Pembelahan sel secara mitosis*. Pemahaman siswa terhadap bentuk penggandaan terlihat dari gambar sel yang membelah sampai dengan pembelahan ketiga. Gambar yang siswa buat sendiri dijadikan sebagai model. Berdasarkan hal tersebut pula, selanjutnya siswa mampu menghitung banyak anakan sel baru yang terbentuk setiap pembelahannya yang menunjukkan adanya proses penggandaan yang terhadap sel awal.
- (b) *Mendefinisikan bentuk pangkat dan menggunakan definisi pangkat dalam menyelesaikan masalah*. Berdasarkan banyak anakan sel baru dalam setiap tahapnya, siswa mampu menemukan bentuk perkalian berulang untuk kemudian ditulis ke dalam bentuk perpangkatan. Hal tersebut, dapat membantu siswa menjelaskan pengertian bentuk pangkat menggunakan kalimatnya sendiri dan sesuai dengan konsep bentuk pangkat itu sendiri. Pemahaman konsep yang di peroleh oleh siswa membantu siswa menyelesaikan soal-soal eksponen.
- (c) *Menemukan sifat operasi bilangan berpangkat*. Melalui pemahaman siswa tentang konsep bentuk pangkat, dapat membantu siswa dalam menemukan sifat operasi bilangan berpangkat yakni dengan cara menguraikan, menganalisis, mencoba-coba dalam usaha menemukan sifat bilangan berpangkat terse-

but. Strategi yang dilakukan adalah ketika siswa menemukan kesulitan dalam menuliskan hasil pangkat dari operasi bilangan berpangkat besar.

Siswa dapat termotivasi dalam belajar matematika, terus mengembangkan pengetahuan yang dimiliki, meningkatkan kemampuan penalaran, mengemukakan ide mereka dan mengeksplor strategi dalam menemukan bentuk perkalian berulang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada kepala sekolah SMP.N.1 Muaradua yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini serta Ibu Win Utami Dewi, S.Pd yang telah bersedia menjadi guru model selama di penelitian. Prof. Dr. Zulkardi, M.I.Kom, M.Sc, dan Dr. Yusuf Hartono sebagai tim penulis yang telah banyak membantu dalam penulisan dan pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arieyanti, P, Putri R.I.I, & Kusumawati, N. 2015. Desain pembelajaran menggunakan konteks perkembangbiakan hewan secara vegetatif pada materi bentuk pangkat di Sekolah Menengah Pertama. *Jurnal Matematika Kreatif Inovatif*, 6(1), 39-48.
- Agustin, K., & Linguistika, Y. 2012. Identifikasi kesalahan siswa kelas x pada evaluasi materi sifat-sifat bilangan berpangkat dengan pangkat bilangan bulat di SMA Muhammadiyah 2 Yogyakarta. *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika di Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY*. (online). <http://eprints.uny.ac.id/8097/1/P-50.pdf>
- Bakker, A. 2004. *Design research in statistics education: On symbolizing and computer tools*. Utrecht: Freudenthal Institute
- Gravemeijer, K., & Cobb, P. 2006. Design research from a learning design perspective, in Van den Akker, K.. Gravemeijer, K.S. Mckenny S, & Nieven.N. *Educational design research*, 17-51. London: Routhledge

- Gravemeijer, K. 2017. How Concrete Is Concrete?. *IndoMS JME*, 2(1), 1-14.
- Hadi, S. 2017. *Pendidikan matematika realistik: Teori, pengembangan, dan implementasinya (edisi revisi)*. Jakarta: Grafindo.
- Hernawati, F. 2016. Pengembangan perangkat pembelajaran matematika dengan pendekatan pmri berorientasi pada kemampuan representasi matematis. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 3(1): 34-44.
- Hewson, A.E. 2013. An examination of high school students misconceptions about solution methods of exponential equations. New York: State University of New York.
- Kumalasari, F., Nusantara, T., & Sa'dijah, C. 2016. Defragmenting struktur berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah pertidaksamaan eksponen. *Jurnal pendidikan: Teori, Penelitian, dan pengembangan*, 1(2), 246-255
- Makgaka, S., & Sepeng, E. 2013. Teaching and learning the mathematical exponential and logarithmic functions: A transformation approach. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 4(13), 177-185.
- Mousel, S.A. 2006. The exponential function expository. *Paper*: [https://www.researchgate.net/publication/242210020\\_The\\_Exponential\\_Function\\_Expository\\_Paper](https://www.researchgate.net/publication/242210020_The_Exponential_Function_Expository_Paper). Diakses pada 2 maret 2017
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). 2010. *Developing essential understanding of function*. Reston, VA: Author.
- Ozkan, E. M., & Ozkan, A. 2012. Misconception in Exponential Numbers in IST and IIND Level Primary School Mathematics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 65-69. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.069>
- Pinahayu, E. 2015. Problematika pembelajaran matematika pada pokok bahasan eksponen dan alternatif pemecahannya. *Jurnal Formatif*, 5 (3), 1-11.
- Retnowati, E. 2017. Faded-example as a Tool to Acquire and Automate Mathematics Knowledge. *Journal of Physics: Conference Series*, 824(1), 012054.
- Sembiring, R.K. 2010. Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI): Perkembangan dan Tantangannya. *IndoMS JME*, 1(1), 11-16.
- Simanulang, J. 2014. Pengembangan bahan ajar materi himpunan konteks laskar pelangi dengan Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI) Kelas VII Sekolah Menengah Pertama. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1), 43-54.
- Soedjadi, R. 2007. Inti dasar-dasar Pendidikan Matematika Realistik Indonesia. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 1(2), 1-9.
- Supardi, U.S. 2012. Pengaruh pembelajaran matematika realistik terhadap hasil belajar matematika ditinjau dari motivasi belajar. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, XXXI(2), 244-255.
- Van de Walle, & John, A.. 2008. *Matematika Sekolah Dasar dan Menengah Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Weber, K. 2002. Developing Student Understanding of exponents and Logarithm. *Paper* presented for a conference. Murray State University.
- Zulkardi. 2010. *How To Design Mathematics Lessons Base On The Realistic Approach*. [www.reocities.com/ratuilma/rme/html](http://www.reocities.com/ratuilma/rme/html). Diakses pada maret 2017.