

Augmented Reality (AR) pada Geogebra 3D untuk menghasilkan Hypothetical Learning Trajectory dalam pembelajaran STEM materi jarak dimensi tiga kelas XII SMA

Pandu Aditya¹⁾, Ratu Ilma Indra Putri²⁾, Ely Susanti³⁾, Nyimas Aisyah⁴⁾

¹⁾²⁾³⁾Magister Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia
*email korespondensi: panduaditya2727@gmail.com
(Received 21-05-2021, Reviewed 22-07-2021, Accepted 03-06-2022)

Abstract

This study aims to produce a hypothetical learning trajectory that can help students understand the concept of three-dimensional distance using Geogebra 3D software. This study used a design research method of validation study type. STEM approach with a scientific context. The research subjects were students of class XII SMA Sriwijaya Negara. Data collection was carried out through observation, making video recordings of group work activities, collecting student work results, giving preliminary and final tests, and interviewing students. Data were analyzed retrospectively. The results showed that the learning trajectory obtained could help students understand the concept of three-dimensional distance, namely understanding the concept of point to point distance as a first step in understanding the concept of Pythagoras, finding the meaning of the point to line distance with 3D Geogebra software assisted projection, making sketches containing in it the position of points, lines, and planes assisted by Geogebra 3D software. The use of the Augmented Reality (AR) feature contained in Geogebra 3D software in three-dimensional distance learning with the STEM approach can help students understand the concept of three-dimensional distance and can make students more active in class learning.

Keywords: *Geogebra 3D, STEM, Augmented Reality, Three Dimensional*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan dugaan lintasan belajar (*Hypothetical Learning Trajectory*) yang dapat membantu siswa memahami konsep jarak dimensi tiga menggunakan *software* Geogebra 3D. Penelitian ini menggunakan metode *design research* tipe *validation study*. Pendekatan STEM dengan konteks sains. Subjek penelitian adalah siswa Kelas XII SMA Sriwijaya Negara. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, membuat rekaman video tentang aktivitas kerja kelompok, mengumpulkan hasil kerja siswa, memberikan tes awal dan tes akhir, dan mewawancarai siswa. Data dianalisis secara restropektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lintasan belajar yang diperoleh dapat membantu siswa dalam memahami konsep jarak dimensi tiga, yaitu memahami konsep jarak titik ke titik sebagai langkah awal pemahaman konsep phytagoras, menemukan makna dari jarak titik ke garis dengan proyeksi berbantu *software* Geogebra 3D, membuat sketsa yang memuat di dalamnya posisi titik, garis, dan bidang berbantu *software* Geogebra 3D. Penggunaan fitur *Augmented Reality (AR)* yang terdapat pada *software* Geogebra 3D dalam pembelajaran jarak dimensi tiga dengan pendekatan STEM dapat membantu siswa memahami konsep jarak dimensi tiga serta dapat membuat siswa lebih aktif dalam pembelajaran di kelas.

Kata kunci: *Geogebra 3D, STEM, Augmented Reality, Dimensi Tiga*

PENDAHULUAN

Materi geometri khususnya dimensi tiga merupakan materi yang sangat penting untuk dipelajari karena termasuk salah satu konten soal yang ditekankan pada PISA (*Programme for International Student Assessment*) (Annizar, Archi, Khairunnisa, & Hijriani, 2020; Babys, 2017; Marfuah, Zulkardi, & Aisyah, 2016; Puspitasari & Ratu, 2019). Selain itu, konten geometri juga muncul dalam Ujian Nasional dalam beberapa tahun terakhir (Masriah, Sukestiyarno, & Susilo, 2015). Walau materi dimensi tiga merupakan materi yang sangat penting, di sekolah kadang kita masih menggunakan media papan tulis untuk mengilustrasikan sebuah bangun ruang di era kemajuan abad 21 ini. Hal inilah membuat siswa bosan jika pembelajaran hanya digambarkan menggunakan media papan tulis tidak adanya bentuk ilustrasi yang dapat menjadikan lintasan belajar bagi siswa.

Semua benda di dunia dalam bentuk fisik tidak bisa hanya diilustrasikan dengan bentuk dua dimensi. Alhasil hal itu akan menjadi hambatan untuk peserta didik dalam memahami maksud yang terdapat dalam konsep maupun prosedur matematika khususnya materi dimensi tiga (Maulana & Pujiastuti, 2020; Nessa, Hartono, & Hiltrimartin, 2017; Yanuarti, 2018). Dalam mengajar tentang dimensi tiga sesuai dengan teori pembelajaran geometri (Van Hiele, 1986) tingkatan paling awal saat belajar geometri khususnya dimensi tiga yaitu visualisasi atau pengenalan (Meganingtyas, 2021; Irfandi, Netti, & Amelia, 2020). Sejalan dengan itu dalam proses belajar dimensi tiga diperlukan proses memvisualisasi seperti menggambar sketsa pada papan tulis (Akbar, Handayani, & Mirza, 2020) atau menggunakan alat peraga seperti kerangka atau benda yang mempunyai bentuk seperti kubus, balok, tabung, dan sebagainya (Anwar & Jurotun, 2019). Akan tetapi, penggunaan media tersebut masih dianggap sulit bagi siswa yang memiliki kemampuan imajinasi dan visual yang kurang (Kania, 2017; Nomleni & Manu, 2018).

Dalam dimensi 3 suatu garis dinyatakan tegak lurus atau tidak dan untuk membedakan mana garis yang saling potong dan hanya terlihat seperti berpotongan dalam ruang dimensi tiga siswa masih kesulitan jika hanya menggunakan ilustrasi dua dimensi. Hal tersebut berakibat lemahnya tingkat kemampuan visual siswa sehingga siswa tidak dapat memecahkan masalah yang berkaitan dengan soal visual (Adirakasiwi & Warmi, 2018; Kusumo, Wibowo, & Yuzianah, 2020).

Dalam kemajuan abad 21, penggunaan perangkat lunak terkait geometri sebagai alat bantu dapat dilakukan oleh guru untuk menjadi solusi dalam upaya menyelesaikan masalah dalam pembelajaran matematika yang berkaitan dengan kemampuan visual.

Salah satu perangkat lunak tersebut adalah Geogebra 3D (Botana, Kovacs, Martmez-Sevilla, & Recio, 2019; Kramarenko, Pylypenko, & Zaselskiy, 2020; Suhady, Roza, & Maimunah, 2020). Geogebra 3D sendiri adalah perangkat lunak yang dapat menampilkan gambar tiga dimensi dari gambar dua dimensi (Awaludin, Hartuti, & Rahadyan, 2019; Hidayat, 2021). Dalam software tersebut terdapat fitur *Augmented Reality* (AR) yang dimana membuat gambar 2 dimensi bisa terlihat seperti gambar 3 dimensi. Sehingga dengan fitur tersebut siswa dapat dengan mudah mengimajinasikan dan memvisualisasikan bentuk aslinya (Kusuma & Lestari, 2018). Selain dengan penggunaan teknologi diperlukan juga peningkatan mutu Pendidikan sebagai syarat dalam menyikapi kemajuan abad 21.

Sebagai suatu keterbaruan yang sedang digemborkan dalam dunia pendidikan, STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) muncul sebagai pendekatan yang dapat mendidik siswa selain secara kognitif, psikomotorik atau skill individu, afektif. STEM merupakan akronim dari *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* yang merupakan suatu pendekatan pembelajaran dimana didalamnya terdapat integrasi empat subjek yaitu sains, teknologi, teknik, dan matematika. Keempat bidang ilmu tersebut dapat membuat pengetahuan menjadi lebih bermakna apabila diintegrasikan dalam proses pembelajaran (Torlakson, 2014).

STEM berfokus pada pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari yang nyata, gabungan dari empat disiplin ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam pendekatan interdisipliner dan diterapkan berdasarkan konteks dunia nyata dan pembelajaran berbasis masalah (Giyanto & Rubini, 2020). Hal ini karena dalam pembelajaran, STEM mengajak siswa untuk mengintegrasikan mata pelajaran dan mengkorelasikannya dengan kehidupan sehari-hari (Anderson, Holmes, Tully, & Williams, 2017; Arifin, Pujiastuti, & Sudiana, 2020; Irmita, 1970; Reeve, 2013; Simarmata et al., 2020; Yulia, Zubainur, & Johar, 2019). Di negara berkembang, khususnya Indonesia STEM belum menjadi pilihan bagi banyak pendidik untuk digunakan sebagai pendekatan pembelajaran hal ini berbanding terbalik dengan negara yang maju seperti Amerika Serikat dan Jepang (Fathoni, 2020; Heriani, 2021).

Pendekatan pada pembelajaran STEM dalam hal kolaborasi antara empat komponen dapat menciptakan proses berpikir siswa yang kritis dengan indikatornya siswa mempunyai kemampuan pemecahan masalah, memilih keputusan, menganalisis asumsi, mengevaluasi, dan melakukan penyelidikan (Artobatama, Hamdu, & Giyartini, 2020; Davidi, Sennen, & Supardi, 2021). Pendidikan STEM yang efektif sangat penting untuk keberhasilan masa depan siswa. Penerapan pembelajaran berbasis STEM di lapangan

akan efektif jika didukung dengan aktivitas pembelajaran yang sesuai yang tertuang dalam perangkat pembelajaran, seperti LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik). Karena dalam proses perancangan LKPD kita dapat menyusun aktivitas sedemikian agar tujuan dari pendekatan pembelajaran STEM dan proses pembelajaran dimensi tiga dapat tercapai sesuai dengan level siswa kita (Prabowo & Juandi, 2020; Putri, Manfaat, & dan Haqq, 2020).

Hasil dari penelitian-penelitian sebelumnya, ditemukan bahwa beberapa penelitian terdahulu memiliki kesamaan dalam hal masalah dengan penelitian yang akan diteliti, diantaranya penelitian (Prabowo & Juandi, 2020; Putri et al., 2020) yang mengatakan bahwa solusi hambatan belajar siswa dalam materi dimensi tiga berdasarkan situasi didaktis secara keseluruhan menggunakan perangkat lunak Cabri3D. Peningkatan hasil belajar dan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa dalam pembelajaran geometri ruang terjadi peningkatan (Asmar & Delyana, 2020; Nursasongko, Mariani, & Dwijanto, 2020; Wondo, Mei, & Seto, 2020). Penggunaan teknologi AR dalam pembelajaran dapat memudahkan siswa memvisualisasikan objek tiga dimensi dan dapat (Fidera & Ihsan, 2020; Mahendra, 2020).

Penelitian-penelitian di atas memiliki kemiripan dengan penelitian ini, namun pada penelitian ini dikaji lebih mendalam tentang penggunaan teknologi AR dalam pembelajaran yang disusun dalam sebuah LKPD, yang pada penelitian sebelumnya masih belum digunakan dalam bidang geometri khususnya dimensi 3, selain itu juga penggunaan konteks salah satu bidang dari STEM yaitu sains menjadi hal utama dalam penyusunan aktivitas. Maka dari itu peneliti akan mendesain aktivitas yang terdapat LKPD berbasis STEM berbantuan Geogebra 3D dengan teknologi AR.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *design research* tipe *validation study* yang bertujuan untuk mengembangkan dugaan lintasan belajar (*Hypothetical Learning Trajectory*) berdasarkan kolaborasi antara peneliti dan guru dalam upaya menaikkan kualitas pembelajaran (Gravemeijer & Cobb, 2006). Gravemeijer & Cobb (2006) mendefinisikan tiga tahap pada *design research*, tipe *validation study* yakni: (1) *preparing for the experiment*, (2) *the design experiment*, dan (3) *retrospective analysis*.

Tahap *preparing for the experiment* peneliti menganalisis referensi tentang materi jarak dimensi tiga, kemudian menetapkan Kompetensi Dasar (KD) dan Kompetensi Indikator (KI) yang akan menjadi bahan penelitian, kemudian membuat tujuan dan

indikator sebagai acuan dalam penyusunan dan pengembangan lintasan belajar jarak dimensi tiga yang disesuaikan dengan pendekatan STEM dan desain riset sebagai dasar menyusun hipotesis alur berfikir siswa dalam pembelajaran jarak dimensi tiga. Selain itu, peneliti juga menggali informasi tentang kemampuan awal siswa dengan proses wawancara kepada beberapa siswa

Hasilnya digunakan untuk mengembangkan beberapa aktivitas pembelajaran yang berisi dugaan/hipotesis lintasan belajar (*Hypothetical Learning Trajectory*). HLT yang didesain bersifat dinamis sehingga terbentuk sebuah proses siklik (*cyclic process*) yang dapat berubah dan berkembang selama proses *teaching experiment*. Tahap kedua, *the design experiment* (desain percobaan) yang terdiri atas dua siklus yakni siklus 1 (*pilot experiment*) dan siklus 2 (*teaching experiment*). Enam orang siswa diluar subjek penelitian dengan kemampuan heterogen dengan siswa berkemampuan tinggi, sedang, dan rendah masing-masing dua siswa dilibatkan pada siklus pertama, pada tahap ini peneliti berperan sebagai guru.

Hasil dari siklus pertama digunakan untuk merevisi HLT versi awal untuk satu kelas berpartisipasi dalam siklus kedua (*teaching experiment*). Pada siklus kedua, 30 siswa dari SMA Srijaya Negara berpartisipasi dalam penelitian ini. Siswa diberi pembelajaran oleh guru mereka sendiri sebagai guru model (pengajar) dan peneliti bertindak sebagai observer terhadap aktivitas pembelajaran.

Tahap ketiga, *restrospective analysis* data yang diperoleh dari tahap *teaching experiment* dianalisis untuk mengembangkan desain pada aktivitas pembelajaran berikutnya. HLT dibandingkan dengan aktivitas pembelajaran siswa yang sesungguhnya (*Actual Learning Trajectory*) untuk menjawab rumusan masalah penelitian. Tujuan dari *retrospective analysis* secara umum adalah untuk mengembangkan *Local Instructional Theory* (LIT). Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dengan cara membuat rekaman video tentang kejadian di kelas dan kerja kelompok; mengumpulkan hasil kerja siswa; memberikan tes awal dan tes akhir; dan mewawancarai siswa. HLT yang telah dirancang kemudian dibandingkan dengan lintasan belajar siswa yang sebenarnya selama pelaksanaan pembelajaran untuk dilakukan analisis secara retrospektif, siswa belajar atau tidak belajar dari yang telah dirancang di rangkaian pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada siswa kelas XII IPA SMA Srijaya Negara sebanyak 30 orang dengan menerapkan pendekatan STEM menggunakan konteks cepat rambat

bunyi dengan melalui beberapa aktivitas dalam pembelajaran. Berikut tahapan yang dilakukan peneliti beserta hasilnya.

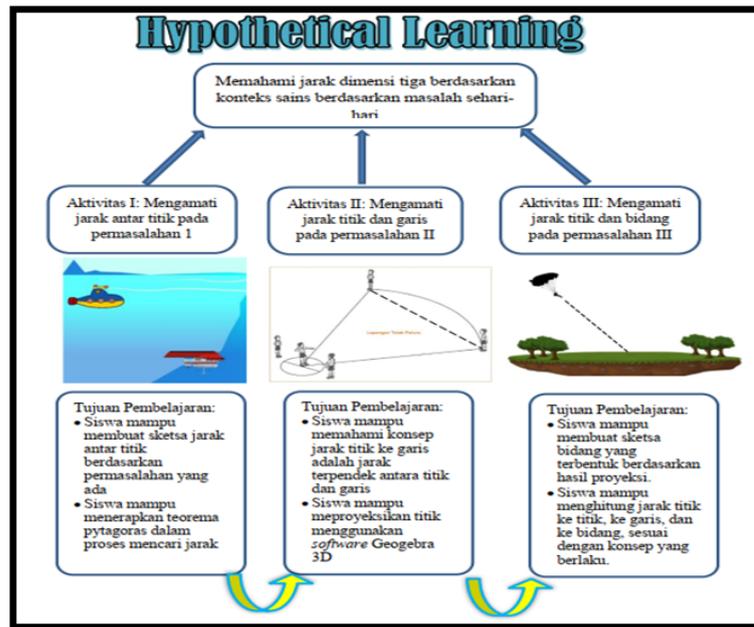
Tahap Preparing For The Experiment

Pada tahap ini peneliti menganalisis referensi tentang materi jarak dimensi tiga, kemudian menetapkan KD dan KI yang akan menjadi bahan penelitian, kemudian membuat tujuan dan indikator sebagai acuan dalam penyusunan dan pengembangan lintasan belajar jarak dimensi tiga. Selanjutnya peneliti membuat rancangan alur pembelajaran dengan mendesain HLT.

HLT ini dikembangkan dengan beberapa aktivitas pembelajaran materi jarak dimensi tiga dengan menggunakan model pembelajaran PBL (*Problem Based Learning*) dengan pendekatan STEM yang memuat hipotesis belajar (*Hypothetical Learning*), yang memuat di dalamnya tujuan pembelajaran, aktivitas pembelajaran dan hipotesis alur pemikiran siswa. Penggunaan pendekatan STEM di masing-masing bidangnya. Pertama prinsip *science* terlihat pada konteks permasalahan yang menggunakan hukum fisika yaitu cepat rambat bunyi pada aktivitas I dan aktivitas II, dan gerak jatuh bebas pada aktivitas III. Kedua prinsip *technology* terlihat yaitu penggunaan *software* Geogebra 3D sebagai media dalam menyelesaikan rangkaian aktivitas. Ketiga prinsip *engineering*, terlihat pada saat siswa menggunakan *software* Geogebra 3D siswa dibebaskan untuk melakukan percobaan dengan membuat simulasi sketsa berdasarkan permasalahan. Terakhir prinsip *mathematic* terlihat pada materi yang digunakan yaitu geometri pada pokok bahasan jarak dimensi tiga.

Tahap The Design Experiment

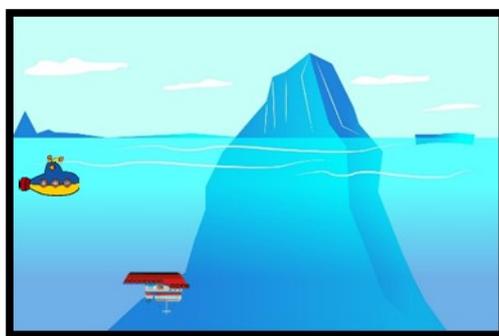
HLT yang telah dirancang oleh peneliti berdasarkan hasil diskusi dengan guru berdasarkan tahapan pembelajaran STEM diujicobakan pada kelompok kecil pada siklus 1 (*pilot experiment*) dengan siswa di luar kelas sampel untuk mengetahui alur lintasan yang bisa muncul sebagai acuan pada tahapan *teaching experiment*. Berikut hasil uji coba pada **Gambar 1**:



Gambar 1. Alur hipotesis pembelajaran

Berikut tahapan *the design experiment* pada ujicoba siklus 1
Reflection

Guru memberi siswa masalah diawal proses pembelajaran dengan memberikan ilustrasi tentang jarak antar titik sesuai dengan gambar pada aktivitas 1. Dengan perintah dalam LKPD sebagai bentuk pengarahan. Sehingga siswa termotivasi dalam menyelidiki dan menemukan permasalahan yang ada.

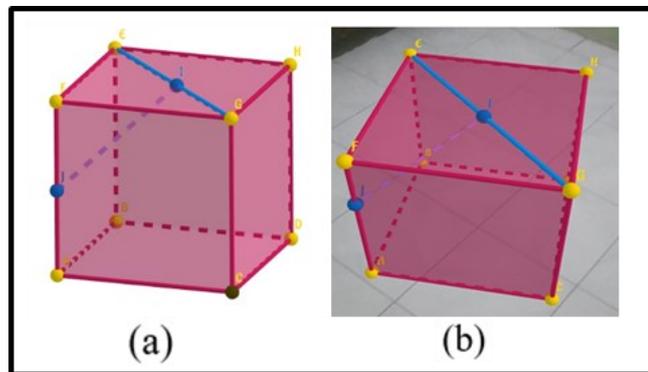


Gambar 2. Siswa mencoba membuat sketsa aktivitas I

Siswa diminta untuk membuat sketsa jarak titik ke titik dan menentukan proyeksi yang terbentuk berdasarkan ilustrasi yang diberikan. Dengan petunjuk, bimbingan guru supaya siswa tergiring pada konsep Teorema Phytagoras sebagai pengetahuan dasar dalam memahami konsep jarak dimensi tiga.

Research

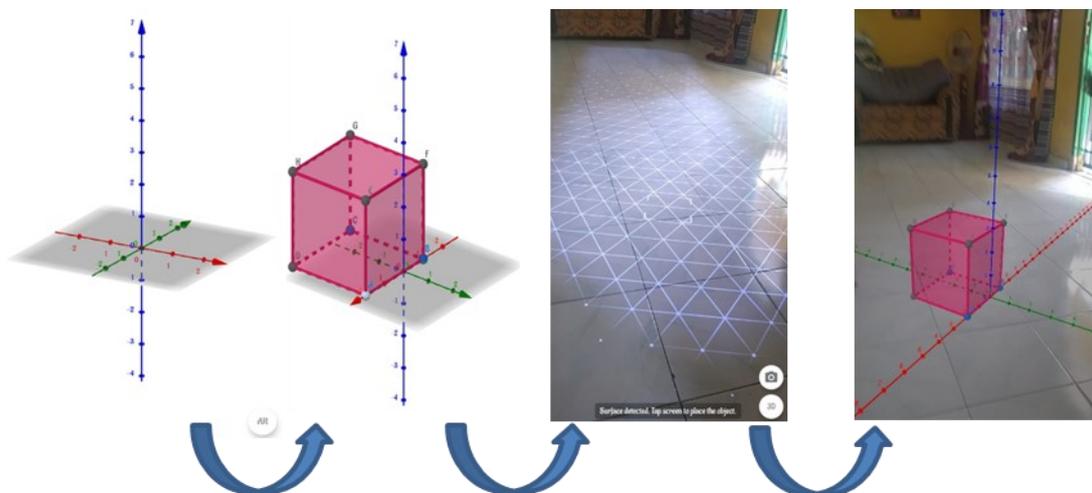
Siswa dituntun untuk proses pemahaman dari konsep jarak yaitu titik ke garis. Kemudian siswa diarahkan untuk menemukan titik proyeksi dengan fitur AR melalui pengamatan menggunakan Geogebra 3D.



Gambar 2. (a) Sketsa menggunakan Geogebra 3D pada LKPD, (b) Penggunaan Fitur AR di Geogebra 3D pada LKPD

Discovery

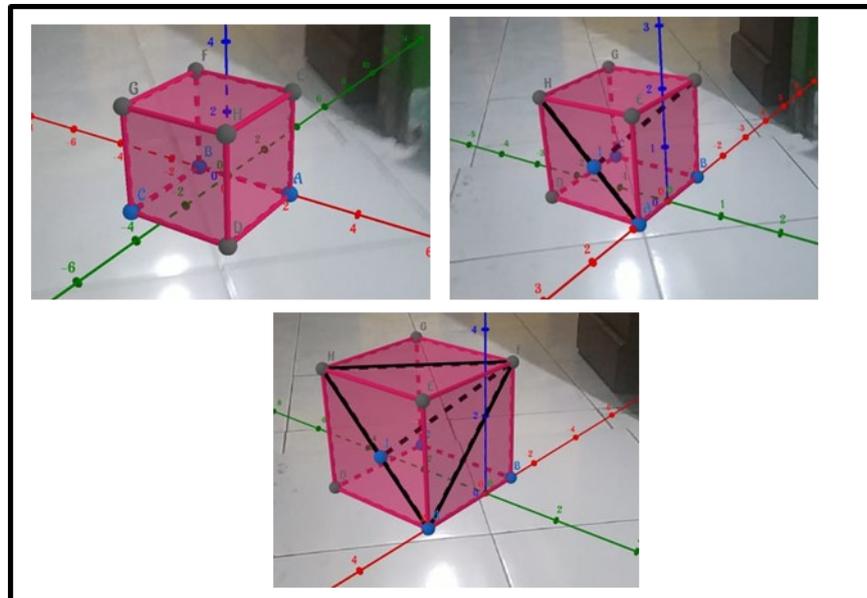
Pada tahap ini penggunaan fitur AR dalam *software* Geogebra 3D sangat dimanfaatkan dalam proses untuk mempercepat kegiatan dalam pembelajaran. Di samping itu, dengan menggunakan *software* Geogebra 3D siswa secara langsung telah melakukan penyelidikan untuk mengidentifikasi bentuk bidang yang akan terbentuk.



Gambar 3. Siswa menggunakan Geogebra 3D dalam proses identifikasi masalah

Application

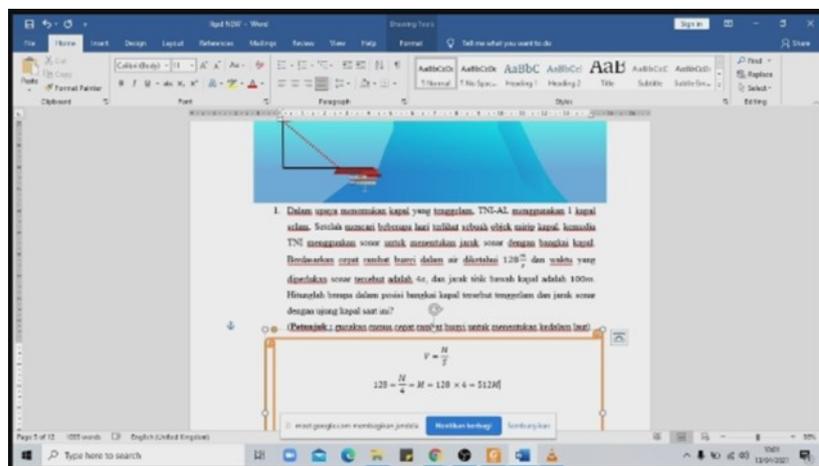
Proses selanjutnya siswa digiring untuk mensketsa sebuah bidang yang di dalamnya terdapat titik dan ruas garis yang ditemukan sebelumnya, dan dilanjutkan menghitung jarak dari titik ke bidang dengan menggunakan konsep sesuai yang telah mereka pelajari.



Gambar 4. Siswa membuat sketsa bidang

Communication

Kemudian hasil dari temuan mereka dibuat dalam sebuah tugas yang dijadikan patokan dalam pengisian lembar kerja yang disiapkan guru kemudian dikomunikasikan dan didiskusikan bersama teman sekelas yang lain.



Gambar 5. Siswa mempresentasikan hasil diskusi

Dari semua tahapan pembelajaran STEM pada tahap *preparing for the experiment* dan *the design experiment* pada siklus 1, semuanya dianalisis pada bagian-bagian yang terdapat kekurangan baik berupa RPP dan LKPD Adapun bagian revisi atau yang diperbaiki secara garis besar adalah:

- a. Pada proses pembelajaran peranan guru terlalu dominan sehingga terkesan *teaching center*, sehingga yang diperoleh siswa tidak berdasarkan apa yang mereka dapatkan berdasarkan informasi yang mereka gali sendiri.
- b. Inti dalam tujuan yang ingin dicapai dalam RPP terlalu kompleks.
- c. Siswa masih kesulitan dalam menggunakan Fitur AR dalam *software* Geogebra 3D

Berdasarkan hal tersebut peneliti merevisi dengan mencoba dengan memberikan sebuah video tutorial dalam menggunakan fitur AR dan manajemen lagi RPP agar tujuan lebih sederhana. Setelah itu diujikan kembali pada kelas ujicoba penelitian pada siklus 2 yaitu *teaching experiment*. Sebelum dan sesudah melakukan serangkaian aktivitas pembelajaran pada tahap siklus 2, siswa diberikan tes awal dan tes akhir yang soal tes esai. Jenis dari tes salah satunya adalah berbentuk esai yang dimana dapat memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengungkapkan strategi atau cara penyelesaian sebuah masalah (Ahmad, 2020).

Berdasarkan hasil tes berikutnya, peneliti mendapati bahwa hasil tugas siswa menunjukkan adanya peningkatan dari tes awal dan tes akhir dalam memahami konsep jarak dimensi tiga. Berikut hasil uji coba siklus 2 *teaching experiment* yang melibatkan subjek penelitian siswa SMA kelas XII Sriwijaya Negara berdasarkan tahapan STEM (Afriana, Permasari, & Fitriani, 2016; Jauhariyyah, Suwono, & Ibrahim, 2017).

Reflection

Guru memberikan permasalahan di awal pembelajaran yakni dengan memberikan ilustrasi tentang jarak antar titik sesuai dengan gambar pada aktivitas 1. Kemudian guru membebaskan siswa untuk secara mandiri mengikuti arahan dalam lembar aktivitas siswa dengan tetap memfasilitasi siswa apabila dalam lembar aktivitas ada yang tidak mengerti, dengan harapan siswa menyelidiki dan menginvestigasi objek permasalahan.

Research

Siswa diarahkan untuk memahami konsep jarak dari titik ke garis berdasarkan 2 permasalahan yang berbeda untuk melihat level pemahaman konsep jarak dimensi 3. Selanjutnya siswa dilatih mendapatkan titik proyeksi melalui pengamatan menggunakan *software* Geogebra 3D.

Transkrip percakapan 1

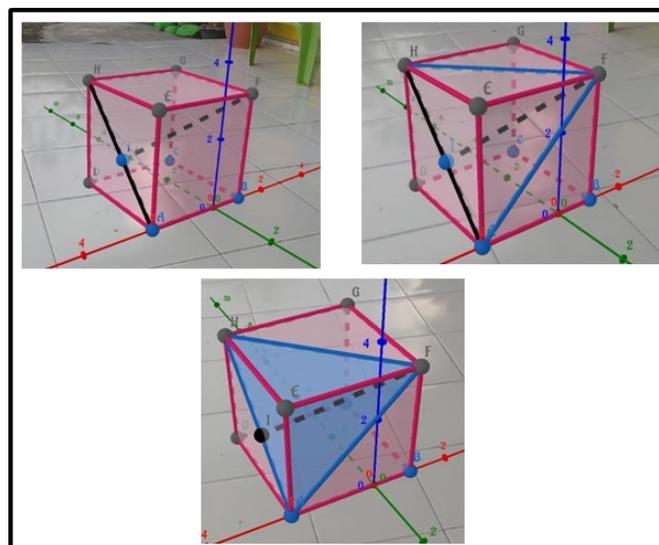
- Peneliti : “Bagaimana cara kalian menentukan jarak kedua kapal itu?”
Siswa I : “Iya ya, bagaimana caranya?”
Siswa II : “Itu ada yang diketahui coba tulis dulu”
Peneliti : “Bagus, apa coba yang diketahui di permasalahan 1 itu?”
Siswa I : “Jarak kapal dengan dasar dan jarak posisi kapal selam dengan kapal yang tenggelam?”
Peneliti : “Good, coba buat sketsa dari yang diketahui”
Siswa III : “Na... jadi bentuk segitiga, berarti menggunakan rumus *pythagoras* ya, Pak?”
Peneliti : “Na.. bener itu, coba sekarang cari



Gambar 6. Permasalahan-permasalahan pada aktivitas I

Discovery

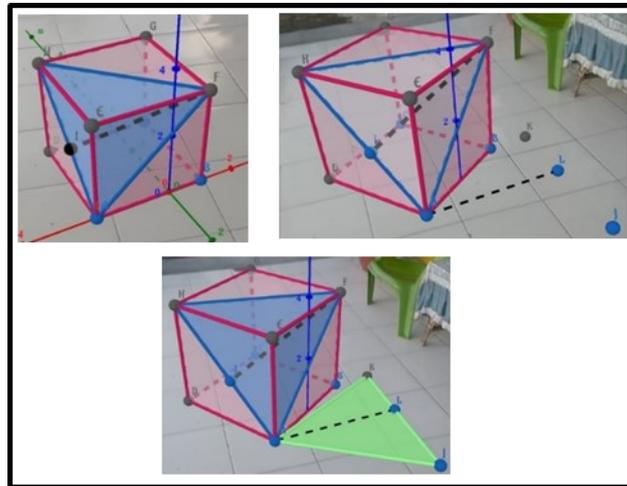
Pada tahap ini penggunaan fitur AR dalam *software* Geogebra 3D sangat dimanfaatkan dalam proses untuk mempercepat kegiatan dalam pembelajaran. Di samping itu, dengan menggunakan *software* Geogebra 3D siswa secara langsung telah melakukan penyelidikan untuk mengidentifikasi bentuk bidang yang akan terbentuk.



Gambar 7. Siswa mengidentifikasi bentuk bidang

Application

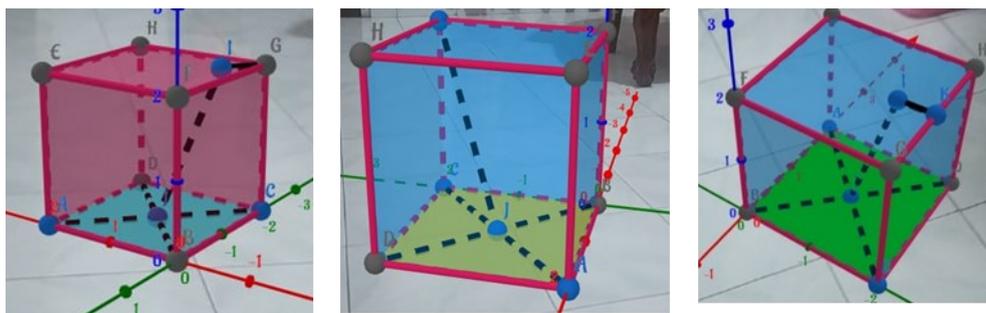
Proses selanjutnya siswa digiring untuk membuat sebuah bidang yang di dalamnya terdapat titik dan ruas garis yang ditemukan pada tahap sebelumnya, dan dilanjutkan dengan menghitung jarak dari titik ke bidang dengan menggunakan berbagai konsep yang sesuai yang telah mereka pelajari.



Gambar 8. Siswa membuat bidang yang terbentuk di luar kubus

Communication

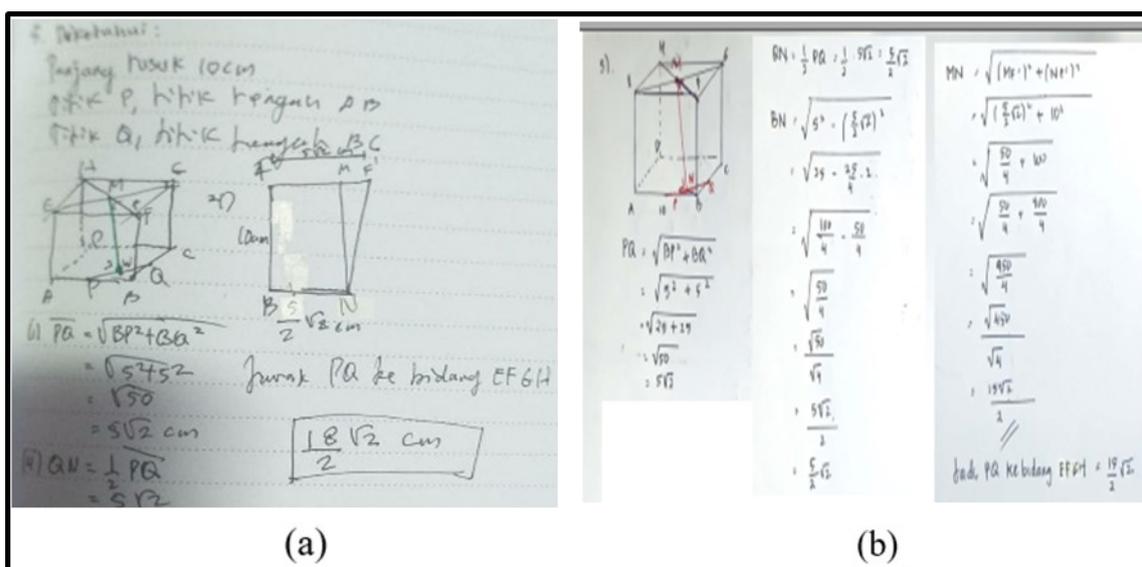
Kemudian masing masing kelompok menyelesaikan LKPD yang diberikan kepada mereka dan mereka menyiapkan hasil *screen shot* pada saat mereka menggunakan Geogebra 3D untuk dipresentasikan. Masing masing kelompok dengan strategi yang berbeda-beda dalam menyelesaikan dan menjawab pertanyaan pada LKPD dan masing-masing kelompok diminta untuk menjelaskan alasan mereka menjawab demikian. Kemudian setelah semua kelompok mengemukakan temuan mereka guru menarik kesimpulan atas materi yang dipelajari. Berikut hasil *screen shot* pekerjaan siswa:



Gambar 9. Ragam sketsa penyelesaian pada aktivitas III

Tahap *Retrospective analysis*

Pada tahap *retrospective analysis*, data hasil pada tahap sebelumnya dianalisis kesesuaiannya dengan lintasan yang telah dikembangkan dan hasilnya dipakai sebagai acuan untuk mengembangkan aktivitas pada pembelajaran berikutnya. Tujuan tahapan ini adalah untuk mengembangkan desain HLT. Untuk melihat ketercapaian proses yang telah dilakukan siswa diberikan permasalahan dalam bentuk soal esai pemahaman konsep dimensi tiga, untuk mereka kerjakan tanpa *software*. Sehingga peneliti dapat menganalisis pemahaman yang telah mereka dapatkan. Berikut ini beberapa jawaban siswa atas salah satu pertanyaan yang diberikan.



Gambar 10. Jawaban siswa saat tes akhir

Berdasarkan jawaban siswa khususnya soal no 5 pada tes akhir, pada **Gambar (a)** dalam proses menyelesaikan soal, siswa telah dapat membuat sketsa bidang sesuai dengan permasalahan, hal ini terlihat jelas siswa dapat membuat sketsa bangun trapesium kemudian siswa telah dapat menemukan jarak titik N yang berada pada \overline{PG} dengan bidang $EFGH$ adalah panjang \overline{MN} . Walaupun terjadi kesalahan perhitungan tetapi dari jawaban siswa terlihat telah memahami konsep dari jarak dimensi tiga. Sedikit berbeda dengan **Gambar (b)** dalam menyelesaikan soal siswa hanya sampai pada membuat sketsa pada kubus dan tidak menggambarkan bidang yang terbentuk, akan tetapi alur dalam menjawab sama dengan **Gambar (a)** dan jawaban akhirnya pun benar. Hal ini yang menunjukkan bahwa sebenarnya siswa paham hanya tidak menggambarkan bidang yang terbentuk.

Berdasarkan aktivitas 1 sampai aktivitas 3 disimpulkan telah dapat membantu siswa dalam memahami konsep jarak dimensi 3. Hal ini sesuai dengan pendapat (Akbar et al., 2020) yang menyatakan bahwa siswa telah berhasil memahami konsep dimensi tiga ditunjukkan dengan kemampuan siswa dalam membuat sketsa dalam permasalahan (Heriani, 2021; Kusumo et al., 2020). Hasil analisis *retrospektif* pada aktivitas 1 dan 2 pada siklus 2 (*teaching experiment*), pembelajaran telah memiliki kesesuaian dengan HLT yang didesain dan sehingga disimpulkan bawah siswa sudah memahami konsep jarak dimensi tiga melalui serangkaian kegiatan menggunakan Geogebra 3D yang terbukti berdasarkan hasil tes awal dan tes akhir, yang menunjukkan adanya perbedaan hasil.

Penggunaan fitur AR dalam Geogebra 3D dapat membantu siswa dalam memproyeksikan dan memvisualisasikan permasalahan pada lembar aktivitas sehingga siswa dapat dengan mudah memahami posisi dari titik terhadap titik, garis dan bidang. Hal ini sesuai dengan pendapat (Ibili, Resnyansky, & Billingham, 2019) yang menyatakan bahwa penggunaan teknologi khususnya geogebra 3D dapat memudahkan pemahaman konsep dimensi tiga karena fitur AR yang dapat digunakan secara bebas oleh siswa (Kramarenko et al., 2020; Rashevskaya, Semerikov, Zinonos, Tkachuk, & Shyshkina, 2020). Sejalan dengan itu menurut teori (Van Hiele, 1986) dalam tingkatan berfikir geometri siswa pada level dasar atau level 1 yaitu visualisasi, maka dari itu proses mevisualisasikan suatu masalah menjadi kunci dasar dalam belajar geometri khususnya dimensi tiga (Burger & Shaughnessy, 2020; FKIP, Razak, & Sutrisno, 2017; Nessa et al., 2017; Yi, Flores, & Wang, 2020).

Dalam penyusunan LKPD juga telah menerapkan prinsip dasar STEM yang mengkolaborasikan empat disiplin ilmu yaitu *science*, *technology*, *engineering*, dan *mathematic* (Anderson et al., 2017; Davidi et al., 2021; Reeve, 2013). Pertama prinsip *science* terlihat pada konteks permasalahan yang menggunakan hukum fisika yaitu cepat rambat bunyi pada aktivitas I dan aktivitas II, dan gerak jatuh bebas pada aktivitas III. Kedua prinsip *technology* terlihat yaitu penggunaan *software* Geogebra 3D sebagai media dalam menyelesaikan rangkaian aktivitas. Ketiga prinsip *engineering*, terlihat pada saat siswa menggunakan *software* Geogebra 3D siswa dibebaskan untuk melakukan percobaan dengan membuat simulasi sketsa berdasarkan permasalahan. Terakhir prinsip *mathematic* terlihat pada materi yang digunakan yaitu geometri pada pokok bahasan jarak dimensi tiga.

SIMPULAN

Penggunaan fitur *Augmented Reality* (AR) yang terdapat pada *software* Geogebra 3D dalam pembelajaran jarak dimensi tiga dengan pendekatan STEM dapat membantu siswa memahami konsep jarak dimensi tiga dengan lintasan belajar (1) memahami konsep jarak titik ke titik sebagai langkah awal pemahaman konsep phytagoras; (2) menemukan makna dari jarak titik ke garis dengan proyeksi berbantu *software* Geogebra 3D; (3) membuat sketsa yang memuat di dalamnya posisi titik, garis, dan bidang berbantu *software* Geogebra 3D, dapat membuat siswa lebih aktif dalam pembelajaran di kelas. Bagi peneliti selanjutnya agar dapat mengembangkan media pembelajaran menggunakan fitur *Augmentend Reality* (AR) untuk materi pembelajaran yang lainnya

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada para siswa SMA Srijaya Negara kelas XII yang telah membantu dalam proses penelitian, kepada Ibu Etty Suparmi, S.Pd., M.Si dalam kerjasamanya menyusun intrumen penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adirakasiwi, A. G., & Warmi, A. (2018). Penggunaan software Cabri 3d dalam pembelajaran matematika upaya meningkatkan kemampuan visualisasi spasial matematis siswa. *Jurnal Silogisme: Kajian Ilmu Matematika Dan Pembelajarannya*, 3(1), 28–35. <https://doi.org/10.24269/js.v3i1.972>
- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202–212. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Ahmad, I. F. (2020). Asesmen alternatif dalam pembelajaran jarak jauh pada masa darurat penyebaran Coronavirus Disease (COVID-19) di Indonesia. *PEDAGOGIK: Jurnal Pendidikan*, 7(1), 195–222. <https://doi.org/10.33650/pjp.v7i1.1136>
- Akbar, P., Handayani, D., & Mirza, A. (2020). Peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematik siswa kelas 12 pada materi dimensi tiga melalui pendekatan Reciprocal Teaching. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 900–913. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v4i2.330>
- Anderson, J., Holmes, K., Tully, D., & Williams, G. (2017). STEM professional learning: evaluating secondary school teachers' and students' experiences. *Mathematics Education Research Group of Australasia.*, 587–590.
- Annizar, A. M., Archi, M. M., Khairunnisa, G. F., & Hijriani, L. (2020). Kemampuan pemecahan masalah matematis siswa dalam menyelesaikan soal pisa pada topik geometri. *Jurnal Elemen*, 6(1), 39–55. <https://doi.org/10.29408/jel.v6i1.1688>

- Anwar, K., & Jurotun, J. (2019). Peningkatan aktivitas dan hasil belajar siswa SMA pada dimensi tiga melalui model pembelajaran PBL berbantuan alat peraga. *Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 10(1), 94–104. <https://doi.org/10.15294/kreano.v10i1.19366>
- Arifin, A. M., Pujiastuti, H., & Sudiana, R. (2020). Pengembangan media pembelajaran STEM dengan Augmented Reality untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7(1), 59–73. <https://doi.org/10.21831/jrpm.v7i1.32135>
- Artobatama, I., Hamdu, G., & Giyartini, R. (2020). Analisis desain pembelajaran STEM berdasarkan kemampuan 4C di SD. *Indonesian Journal of Primary Education*, 4(1). <https://doi.org/10.17509/ijpe.v4i1.24530>
- Asmar, A., & Delyana, H. (2020). Hubungan kemandirian belajar terhadap kemampuan berpikir kritis melalui penggunaan software Geogebra. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(2), 221–230. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v9i2.2758>
- Awaludin, A. A. R., Hartuti, P. M., & Rahadyan, A. (2019). Aplikasi Cabri 3D berbantu Camtasia Studio untuk pembelajaran matematika di SMP. *E-Dimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 10(1). <https://doi.org/10.26877/e-dimas.v10i1.2872>
- Babys, U. (2017). Kemampuan literasi matematis Space and Shape dan kemandirian siswa SMA pada discovery learning berpendekatan RME-PISA. *JPMI (Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia)*, 1(2). <https://doi.org/10.26737/jpmi.v1i2.82>
- Botana, F., Kovacs, Z., Martmez-Sevilla, A., & Recio, T. (2019). Automatically Augmented Reality with GeoGebra. In *Augmented Reality in Educational Settings*. https://doi.org/10.1163/9789004408845_015
- Burger, W. F., & Shaughnessy, J. M. (2020). Characterizing the Van Hiele Levels of development in geometry. *Journal for Research in Mathematics Education*, 17(1). <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.17.1.0031>
- Davidi, E. I. N., Sennen, E., & Supardi, K. (2021). Integrasi pendekatan STEM (Science, Technology, Enggeenering and Mathematic) untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa Sekolah Dasar. *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 11(1). <https://doi.org/10.24246/j.js.2021.v11.i1.p11-22>
- Fathoni, A. (2020). STEM: Innovation in vocational learning. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 17(1). <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v17i1.22832>
- Fidera, M. M. A., & Ihsan, M. (2020). Pemanfaatan fotogrametri untuk model 3 dimensi dengan visualisasi menggunakan teknologi Augmented Reality (AR). *Jurnal ENMAP.*, 1(2), 67–80. <https://doi.org/10.23887/em.v1i2.28170>
- FKIP, E., Razak, F., & Sutrisno, A. B. (2017). Analisis tingkat berpikir siswa berdasarkan Teori Van Hiele pada materi dimensi tiga ditinjau dari gaya kognitif field dependent. *EDUMATICA | Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(02). <https://doi.org/10.22437/>

[edumatica.v7i02.4214](#)

- Giyanto, H. L., & Rubini, B. (2020). *Sel Volta dengan pendekatan STEM Modeling*. Linda Lestari.
- Gravemeijer, K., & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. In *Educational Design Research*. <https://doi.org/10.4324/9780203088364-12>
- Heriani, A. (2021). Pengembangan perangkat pembelajaran dimensi tiga berbasis STEM dalam pembelajaran PjBL (Project Based Learning) di kelas XII SMA.
- Hidayat, T. (2021). Penggunaan aplikasi Geogebra sebagai media pembelajaran matematika SMK. *Inovasi Pendidikan*, 8(1), 118–127. <https://doi.org/10.31869/ip.v8i1.2573>
- Ibili, E., Resnyansky, D., & Billingham, M. (2019). Applying the technology acceptance model to understand maths teachers' perceptions towards an augmented reality tutoring system. *Education and Information Technologies*, 24(5). <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09925-z>
- Irfandi, B., Netti, S., & Amelia, P. (2020). Profil tingkat kognitif siswa kelas XII pada materi bangun ruang sisi datar berdasarkan Teori Van Hiele. *Jurnal Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, 1(2). <https://doi.org/10.25157/j-kip.v2i2.5203>
- Irmata, L. U. (1970). Pengembangan modul pembelajaran kimia menggunakan pendekatan Science, Technology, Engineering and Mathematic (STEM) pada materi kesetimbangan kimia. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(2), 26–36. <https://doi.org/10.19109/ojpk.v2i2.2665>
- Jauhariyyah, F. R., Suwono, H., & Ibrohim. (2017). Science, Technology, Engineering and Mathematics Project Based Learning (STEM-PjBL) pada pembelajaran sains. *Prosiding Seminar Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 2.
- Kania, N. (2017). Efektivitas alat peraga konkret terhadap peningkatan visual thinking siswa. *THEOREMS (The Original Research of Mathematics)*, 1(2).
- Kramarenko, T. H., Pylypenko, O. S., & Zaselskiy, V. I. (2020). Prospects of using the Augmented Reality application in STEM-based Mathematics teaching. *CEUR Workshop Proceedings*, 2547. <https://doi.org/10.31812/educdim.v53i1.3843>
- Kusuma, R. A., & Lestari, H. P. (2018). Pengembangan lembar kegiatan siswa berbantuan Geogebra untuk pembelajaran dengan metode penemuan penemuan terbimbing pada materi bangun ruang sisi datar untuk kelas VIII. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(2).
- Kusumo, B. S., Wibowo, T., & Yuzianah, D. (2020). Kemampuan visualisasi siswa dalam menyelesaikan masalah matematika berdasarkan sikap matematis siswa. *Journal of Medives : Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, 4 (2). <https://doi.org/10.31331/medivesveteran.v4i2.1200>
- Mahendra, E. (2020). Pengembangan buku ensiklopedi kingdom plantae berbasis

Augmented Reality 3 dimensi terhadap hasil belajar biologi siswa di SMA Negeri 1 Kuta. *Jurnal Pendidikan Payan Mas*, 4(3), 116–124.

- Marfuah, S., Zulkardi, Z., & Aisyah, N. (2016). Pengembangan media pembelajaran menggunakan Powerpoint disertai visual basic for application materi jarak pada bangun ruang kelas X. *Jurnal Gantang*, 1(1), 45–53. <https://doi.org/10.31629/jg.v1i1.5>
- Masriah, Sukestiyarno, & Susilo, B. (2015). Pengembangan karakter mandiri dan pemecahan masalah melalui model pembelajaran MMP pendekatan atong materi geometri. *Unnes Journal of Mathematics Education.*, 4(2). <https://doi.org/10.15294/ujme.v4i2.7598>
- Maulana, F., & Pujiastuti, H. (2020). Analisis kesalahan siswa smadalam menjawab soal dimensi tiga berdasarkan Teori Newman. *MAJU*, 7(2), 182–190.
- Meganingtyas, D. E. W. (2021). Pemanfaatan software Cabri, GeoGebra, dan SketchUp sebagai media visualisasi konsep matematika pada materi geometri ruang. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika Jakarta*, 3(1), 67–75. <https://doi.org/10.21009/jrpmj.v3i1.20122>
- Nessa, W., Hartono, Y., & Hiltrimartin, C. (2017). Pengembangan buku siswa materi jarak pada ruang dimensi tiga berbasis Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Problem-Based Learning di kelas X. *Jurnal Elemen*, 3(1). <https://doi.org/10.29408/jel.v3i1.273>
- Nomleni, F. T., & Manu, T. S. N. (2018). Pengembangan media audio visual dan alat peraga dalam meningkatkan pemahaman konsep dan pemecahan masalah. *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 8(3), 219–230. <https://doi.org/10.24246/j.js.2018.v8.i3.p219-230>
- Nursasongko, A., Mariani, S., & Dwijanto. (2020). The ability of problem-solving for eighth grade student on cooperative problem solving learning assisted by Geogebra 3D. *Unnes Journal of Mathematics Education Research*, 9(2).
- Prabowo, A., & Juandi, D. (2020). Analisis situasi didaktis dalam pembelajaran matematika berbantuan ICT pada siswa SMP. *Pythagoras: Jurnal Pendidikan Matematika*, 15(1). <https://doi.org/10.21831/pg.v15i1.32573>
- Puspitasari, P., & Ratu, N. (2019). Deskripsi pemahaman konsep siswa dalam menyelesaikan soal PISA pada konten Space and Shape. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1). <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v8i1.431>
- Putri, D. P., Manfaat, B., & dan Haqq, A. A. (2020). Desain didaktis pembelajaran matematika untuk mengatasi hambatan belajar pada materi matriks. *Jurnal Analisa*, 6(1).
- Rashevskaya, N. V., Semerikov, S. O., Zinonos, N. O., Tkachuk, V. V., & Shyshkina, M. P. (2020). Using augmented reality tools in the teaching of two-dimensional plane geometry. *CEUR Workshop Proceedings*, 2731. <https://doi.org/10.31812/123456789/4116>

- Reeve, E. M. (2013). *Implementing Science, Technology, Mathematics and Engineering (STEM) education in Thailand and in ASEAN*. Bangkok: Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).
- Simarmata, J., Sianihuruk, L., Ramadhani, R., Safitri, M., Wahyuni, D., & Iskanda, A. (2020). *Pembelajaran STEM berbasis HOTS dan penerapannya*. Yayasan Kita Menulis.
- Suhady, W., Roza, Y., & Maimunah, M. (2020). Pengembangan soal untuk mengukur Higher Order Thinking Skill (HOTS) siswa. *Jurnal Gantang*, 5(2). <https://doi.org/10.31629/jg.v5i2.2518>
- Torlakson, T. (2014). *Innovate: A blueprint for Science, Technology, Engineering, and Mathematics in California Public Education*. California: California Department Of Education.
- Van Hiele, P. . (1986). *Structure and insight. A theory of mathematics education*. London: Academic Press.
- Wondo, M. T. S., Mei, M. F., & Seto, S. B. (2020). Penggunaan media Geogebra dalam pembelajaran geometri ruang untuk meningkatkan minat dan hasil belajar mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(2). <https://doi.org/10.36709/jpm.v11i2.12049>
- Yanuarti, S. (2018). Penerapan pembelajaran berbasis Predict, Observe, Explain (POE) pada pembelajaran geometri di kelas X SMA Negeri 13 Palembang. *Journal Pendidikan Matematika*, 12(1).
- Yi, M., Flores, R., & Wang, J. (2020). Examining the influence of van Hiele theory-based instructional activities on elementary preservice teachers' geometry knowledge for teaching 2-D shapes. *Teaching and Teacher Education*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103038>
- Yulia, Zubainur, C. M., & Johar, R. (2019). Keterlibatan perilaku siswa dalam pembelajaran matematika melalui STEM-PjBL di SMPN 2 Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Matematika*, 4(1).