



## Inovasi Geometri sebagai Media Pembelajaran Matematika Kreatif

Hanna Arini Parhusip<sup>1</sup>, Bambang Susanto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

Email: Corresponding Author: [hanna.arini@staff.uksw.edu](mailto:hanna.arini@staff.uksw.edu)<sup>1</sup>

DOI: <http://dx.doi.org/10.15294/kreano.v9i1.14047>

Received : April 2017; Accepted: June 2018; Published: June 2018

### Abstrak

Tujuan inovasi geometri sebagai media pembelajaran matematika kreatif adalah menyediakan contoh kreativitas dalam pembelajaran geometri sehingga geometri yang dikenal dalam pelajaran tidak hanya bentuk baku geometri klasik seperti segitiga, lingkaran, polygon beraturan. Siswa diperkenalkan cara menginovasi bentuk geometri tersebut menjadi bentuk-bentuk kreatif. Metode yang digunakan adalah inovasi permukaan aljabar dan inovasi polygon beraturan menjadi polihedra. Untuk metode pertama yaitu inovasi permukaan dengan menggunakan persamaan aljabar (misal bola dan silinder) dengan bantuan program Surfer. Sedangkan metode kedua adalah melakukan inovasi dengan materi lokal dilakukan dengan penyusunan bidang datar dalam bentuk ruang 3 dimensi melalui bentuk geometri yang sudah dikenal yaitu segi empat dan segilima menjadi polihedra. Adapun hasil penelitian dibedakan menjadi 2 hal dimana kedua hal tersebut selalu memanfaatkan kekayaan lokal Indonesia. Untuk hasil inovasi permukaan aljabar, hasil penelitian berupa motif-motif untuk batik. Sedangkan untuk inovasi polygon beraturan diperoleh Leonardo Dome, Leonardo Bridge dengan media kayu dan bambu, dan beberapa kreativitas disain penutup lampu dengan kertas. Kegiatan pembuatan inovasi geometri tersebut telah dilakukan oleh mahasiswa pendidikan matematika FKIP dan matematika FSM UKSW dalam kuliah geometri untuk membuat prototip. Untuk selanjutnya, pendekatan yang sama dan produk yang dihasilkan diujicobakan pada siswa sekolah SMP dari Tangerang dan siswa menunjukkan ketertarikan yang lebih besar dibandingkan hanya mempelajari geometri di dalam kelas karena siswa mengalami interaksi yang lebih banyak.

### Abstract

*The objective of this innovation as educative material for geometry is to provide samples of creativities in mathematical for learning geomety such that geometry should not be thought in classical sense such as learning only rules in triangles, circles and regular polygons. Students are introduced for innovating the existing geometry into several creative materials. There are 2 methods implemented here, i.e. innovating algebraic surfaces which are mainly cylinders and spheres and innovating regular polygons into several polyhedra. The first part is done by creating surfaces using software called Surfer. The second method is done with the help of a home industry to create parts of the materials. The results of this research are shown by several creative products for learning geometry. The innovation of algebraic surfaces is implemented into batik's motifs where students are taking part to create the motifs using Surfers. The second method has provide several media such as Leonardo Dome and Leonardo Bridge where physical law can also be integrated for learning application of learning geometry. Additionally, lamp's decoration is also produced due to innovation of regular polygons into polyhedral. The activities are done by undergraduate students from FKIP math education and FSM from mathematics department of UKSW for creating the prototypes. After words, 24 students from middle school in Tangerang and Students have shown greater interest to learn geometry rather than the classical sense (only in class) since doing the approaches above, students have active interaction with materials.*

*Keywords: algebraic surface, Surfer, batik, Leonardo Dome, Leonardo Bridge.*

## PENDAHULUAN

Materi sains dan matematika di sekolah maupun universitas hingga saat ini belum menjadi materi yang disukai dan diminati bagi peserta didik. Untuk itu, berbagai upaya terus dilakukan untuk dapat meningkatkan minat terhadap materi sains dan matematika. Misalkan dengan memberikan kesempatan pada siswa lebih bereksplorasi dan berdiskusi, siswa tahun ke-9 dan tahun ke-10 dari sekolah menengah pertama di Queensland menunjukkan peningkatan (Hicks *et al*, 2017). Demikian pula dengan memberikan dialog yang lebih antar pengajar dan siswa diharapkan menumbuhkan cara berpikir matematis (Yoon *et al*, 2017). Dengan memanfaatkan grafik fungsi ataupun persamaan dalam bentuk berbagai media seperti sebagai *souvenirs*, ornament dilakukan untuk memberikan inovasi dalam mempopulerkan matematika (Parhusip, 2015). Mendesain berbagai bentuk knot seperti Mobius, *trefoil* di tempat umum oleh matematikawan dan arsitek juga memberikan pengenalan matematika sebagai art (Sequin, 2014), maupun Tesselation untuk batik (Situngkir, 2008).

Matematika sebagai suatu seni telah dilakukan sejak zaman Renaissance seperti Leonardo da Vinci dengan berbagai karya dengan aspek Golden Ratio baik lukisan dan bangunan maupun gambar anatomi tubuh yang tidak disajikan dalam jurnal formal. Hasil M.C Escher pada abad 18 telah digunakan untuk mendesain karya arsitektur modern (Koenderink, 2012). Pada tulisan ini ditunjukkan beberapa upaya untuk meningkatkan kreativitas matematika dengan inovasi geometri.

Salah satu dari materi matematika khususnya, bidang datar dikenal sebagai materi geometri bagi siswa maupun mahasiswa dimana bidang datar seringkali diperkenalkan dalam bentuk-bentuk klasik seperti segitiga, segiempat ataupun segibanyak dan lingkaran maupun bentuk bidang tidak beraturan. Demikian pula bangun 3 dimensi yang klasik seperti balok, kubus, silinder dan bola diperkenalkan dengan cara monoton yaitu hanya terkait dengan menghitung luas permukaan dan volume. Padahal dalam kehidupan sehari-hari ada berbagai bentuk yang mengikuti bentuk-bentuk klasik tersebut. Untuk itulah diperlukan kreativitas pengajar agar proses

pembelajaran geometri lebih menarik. Salah satu diantaranya adalah dengan menggunakan software yang sudah berkembang dalam memperkenalkan cara menggambar atau memvisualisasikan lebih mudah, membuat berbagai rekayasa materi menjadi media yang inovatif (berbeda dari kebiasaan) dan memvariasi cara penyampaian materi geometri. Rekayasa dilakukan dengan menggunakan bentuk-bentuk yang sudah ada menjadi media yang inovatif sehingga siswa ataupun mahasiswa menjumpai bentuk diluar kebiasaan. Selain itu, cara penyampaian dapat dilakukan dalam bentuk kegiatan proyek, ekstrakurikuler ataupun koleksi dari beberapa kegiatan sains dan matematika.

Pada tulisan ini ditunjukkan beberapa hasil upaya inovasi permukaan dalam meningkatkan inovasi geometri untuk menjadikan pengayaan bagi pengajar maupun peserta didik untuk dapat mengeksplorasi materi yang diberikan. Permukaan yang dimaksud adalah permukaan memuat bidang datar yang merupakan polihedra dan yang bukan polihedra (permukaan silinder, bola, ataupun permukaan aljabar yang lain). Mahasiswa S1 matematika FSM dan Pendidikan Matematika FKIP menggunakan pendekatan inovasi geometri untuk membuat prototip dari media pembelajaran geometri yang kreatif dimana siswa SMP selanjutnya memanfaatkan produk yang dihasilkan serta mengimplementasikan pada aktivitas studi kreatif tentang geometri yang diintegrasikan dengan fisika. Hal inilah yang ditunjukkan pada makalah ini.

## METODE

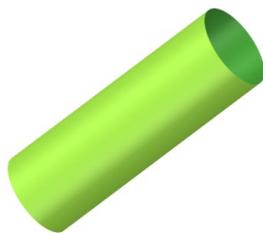
### Inovasi permukaan aljabar dari persamaan Silinder dan Bola

Pada bagian ini kita akan mempelajari cara memvisualisasikan permukaan dari suatu persamaan aljabar khususnya silinder dan bola. Kita tahu persamaan lingkaran dengan pusat  $O$  dan jari-jari  $r$  pada bidang gambar  $(x,y)$ , adalah  $x^2+y^2=r^2$ . Persamaan lingkaran dengan pusat  $(h,k)$  dan jari-jari  $r$  pada bidang gambar  $(x,y)$  adalah  $(x-h)^2+(y-k)^2=r^2$ .

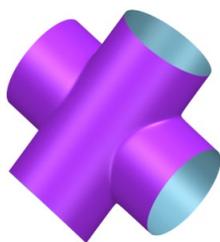
Secara sama kita dapat menggambar lingkaran pada arah bidang yang lain sebutlah bidang  $(y,z)$  dimana jika kedua bidang

tersebut digambarkan pada suatu ruang akan saling bersilangan dengan sudut  $90^\circ$ . Persamaan lingkaran dengan pusat  $O$  dan jari-jari  $r$  pada bidang gambar  $(y,z)$ , adalah  $y^2+z^2=r^2$ . Persamaan lingkaran dengan pusat  $(h,k)$  dan jari-jari  $r$  pada bidang gambar  $(y,z)$  adalah  $(y-h)^2+(z-k)^2=r^2$ . Secara sama,  $y^2+z^2=r^2$  dan  $(x-h)^2+(z-k)^2=r^2$  berturut-turut adalah lingkaran pusat  $O$  jari-jari  $r$  pada bidang  $(x,z)$  dan lingkaran pusat  $(h,k)$  jari-jari  $r$ .

Sekarang kita menghendaki untuk menggambar silinder. Silinder merupakan permukaan aljabar yang sudah dikenal baik dalam keseharian maupun secara matematika. Silinder dapat dianggap sebagai lingkaran yang tak hingga banyak dengan jari-jari sama yang ditumpuk. Tingginya tumpukan merupakan suatu parameter konstan dengan nilai tertentu. Jadi jika kita menghendaki silinder maka kita perlu ruang (jadi 3 dimensi) dimana pada ruang tersebut kita mempunyai bidang gambar  $(x,y)$ ,  $(x,z)$  dan  $(y,z)$ . Jika kita menuliskan persamaan lingkaran pada ruang 3 dimensi maka salah satu pasti konstan. Jadi :  $x^2+y^2=1$  atau  $x^2+y^2=1$ , menyatakan silinder untuk semua nilai  $z$ . Menggambar silinder dengan Surfer cukup dengan menuliskan persamaan tersebut dalam bentuk  $x^2+y^2-1=0$  dimana hasil gambar ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1.a Menggambar silinder dengan Surfer dimana kita dapat menarik ke atas atau ke bawah tombol zoom.



Gambar 1.b Visualisasi 2 silinder yang bersilangan dengan perintah  $(x^2+y^2-1)*(z^2+(y+3-6)^2-1)-0.01*a=0$

Bagaimana kita dapat menyatakan persamaan matematika untuk bola? Kita tahu  $x^2+y^2=r^2$  yang menyatakan lingkaran dengan jari-jari  $r$  dan pusat  $o$ . Kemudian persamaan ini dikembangkan untuk bola yaitu  $x^2+y^2+z^2=r^2$ . Untuk  $r=0$ , maka hanya titik  $(0,0,0)$  yang memenuhi persamaan tersebut. Kita akan menggunakan persamaan silinder dan bola untuk memulai belajar Surfer dalam menggambar permukaan.

### Menggambar Permukaan dengan Surfer

Pada software Surfer, kita menuliskan  $x^2 + y^2 + z^2 - r^2 = 0$  dengan nilai  $r$  tertentu. Sebutlah bentuk umum untuk suatu permukaan yaitu  $f=0$ . Jika ada 2 permukaan  $f=0$  dan  $g=0$  maka penyusunan 2 permukaan pada Surfer ditulis dalam bentuk  $f*g = 0$ . Jika ada 3 permukaan yaitu  $f, g, h$  maka persamaan ditulis dalam bentuk  $f*g*h = 0$ .

**Contoh 1.** Persamaan bola ( $f=0$ ):  $(x^2+y^2+z^2-100)=0$ , dengan Surfer berarti ditulis

$$x^2+y^2+z^2-100=0. \tag{1}$$

Lalu secara sama dibuat sebuah persamaan berpola ( $g=0$ ) dimana terdiri dari 6 silinder pada bidang  $(x,y)$  dengan jari-jari yang berbeda-beda, yaitu

$$(x^4+y^4-2)*(x^3+y^3-4)*(x^4+y^4-8)*(x^3+y^3-16)*(x^4+y^4-32)*(x^3+y^3+36)=0 \tag{2}$$

Kemudian kedua persamaan digabung, berarti menyusun ( $f*g=0$ ) dengan Surfer yaitu dengan meng-copy perintah (1) dan perintah (2) pada menu dan mengalikan, yaitu

$$((x^2+y^2+z^2-100))*((x^4+y^4-2)*(x^3+y^3-4)*(x^4+y^4-8)*(x^3+y^3-16)*(x^4+y^4-32)*(x^3+y^3+36))=0$$

dimana semua urutan di atas ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Inovasi bola dengan persamaan (1) (kiri) dan (kanan) dengan bantuan Surfer

Pada contoh 1 telah ditunjukkan bagaimana bentuk bola dan silinder diinovasi menjadi bentuk yang menarik yang mendorong siswa dapat berkreasi dan memahami manfaat persamaan bola dan silinder.

### Inovasi bidang datar beraturan dalam media Leonardo Dome dan Leonardo Bridge

Arsitektur zaman Renaissance (abad 15) hingga masa kini yang sangat memperhatikan proporsi adalah hasil karya Leonardo da Vinci (Di Teodoro, 2015). Hal ini menjadi inspirasi Rinus Roelofs untuk lebih mengembangkan teknik-teknik Leonardo da Vinci dalam karya karya seninya. Penyusunan stik berbentuk persegi empat, ataupun silinder menjadi suatu karya seni dikembangkan oleh Rinus Roelofs yang mengacu pada cara arsitektur Leonardo da Vinci (Roelofs, 2003) dimana setiap bagian konstruksi secara otomatis dapat menopang bagian konstruksi sekitarnya tanpa menggunakan perekat. Salah satu contoh karya Rinus Roelofs untuk Leonardo Dome ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Leonardo Dome karya Rinus Roelofs (foto dari kegiatan IC16 Imaginary, Berlin, Juni 2016)

Teknologi arsitektur Leonardo da Vinci telah digunakan untuk membangun jembatan

dan bangunan. Hukum fisika yang berlaku seperti eksentrisitas dan beberapa contoh secara rinci dijelaskan misalkan untuk *tetrahedric*, *cubic*, *dedocahedric* yang disusun menggunakan batangan berbentuk silinder (Salvadori dan Picone, 2007).

Siswa dan mahasiswa telah mengenal bentuk bidang segi tiga, segi empat, segi lima dan yang banyak diperkenalkan dalam sekolah. Bentuk bentuk tersebut terlalu tradisional sehingga perlu diinovasi dengan material sekitar dimana hal ini diperlukan usaha lebih lanjut untuk membuat material yang dikehendaki. Demikian pula beberapa bidang datar diinovasi menjadi polihedra. Material yang paling mudah digunakan adalah kertas warna, ataupun plastik. Beberapa contoh yang sudah dilakukan adalah menyusun Leonardo Dome dengan Stik es dan bamboo maupun membuat Leonardo Bridge dengan kayu.

### Contoh 2. Leonardo Bridge dari Pralon

Leonardo bridge juga dikonstruksi tanpa perekat (Burwell, 2013) dimana beberapa contoh konstruksi dapat ditemukan dengan mudah di internet. Pada Gambar 4, ditunjukkan Leonardo bridge (jembatan) mini yang dibuat dengan pralon dimana pada bagian tengah maupun samping diberi lubang untuk mengkaitkan tiap batang pralon.



Gambar 4 Leonardo Bridge dari pipa pralon yang tidak direkat

Contoh 3. Beberapa pembuatan polihedra dilakukan untuk melakukan rekayasa geometri agar lebih menarik bagi peserta didik. Contoh hasil kegiatan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Inovasi segi banyak dan bidang datar lain dalam bentuk ruang 3 dimensi (lampu duduk) dengan kertas (atas) dan dengan plastik (bawah).

Hasil-hasil awal di atas pada Contoh 2 dan 3 di atas merupakan prototip yang kemudian dikembangkan kembali untuk memberikan inovasi yang lebih dapat bertahan lama sehingga dapat digunakan kembali. Hal ini ditunjukkan pada Hasil dan Pembahasan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

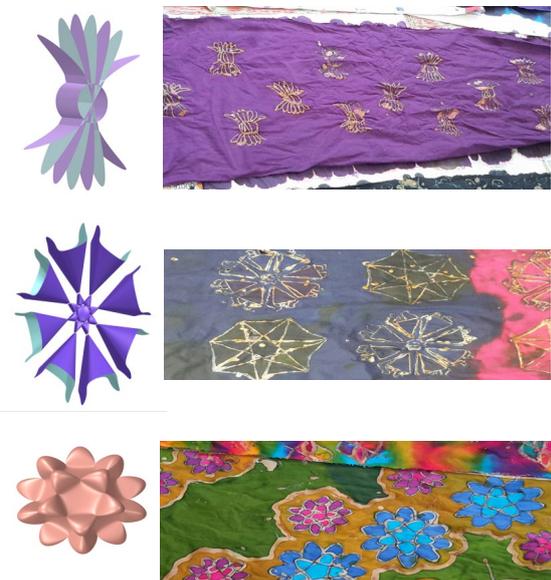
Hasil yang sudah dijelaskan pada metode dalam inovasi permukaan aljabar dan bidang datar segi banyak beraturan (*polygon*) kemudian dimanfaatkan untuk memperkenalkan matematika dengan cara yang berbeda. Kegiatan untuk itu dinamakan Inoweb Junior Summer Camp pada 10-16 Juni 2017 di Salatiga yang memuat berbagai inovasi pendidikan fisika, matematika dan kimia. Kegiatan ini melibatkan 24 siswa SMP yang melakukan inovasi permukaan dengan Surfer dan menggunakan hasil inovasi untuk motif batik. Demikian pula, kegiatan penyusunan Leonardo Dome dan Leonardo Bridge dilakukan dengan material yang dibuat dari kayu.

Siswa dibagi dalam 6 kelompok dimana tiap kelompok mempunyai 1 set material Leonardo Dome dan Leonardo Bridge. Selanjutnya tiap 2 kelompok bergabung untuk menyusun keduanya dalam bentuk yang lebih

besar. Untuk selanjutnya semua kelompok bergabung menyusun 1 Leonardo Dome dan 1 Leonardo Bridge yang lebih besar. Dari kegiatan tersebut, Leonardo Bridge hanya bisa dilakukan untuk 2 set material saja. Hasil kegiatan dijabarkan pada penjelasan berikut ini.

### Hasil Inovasi Permukaan dengan Surfer

Kegiatan dengan menggunakan Surfer telah berlangsung sejak 2016 dimana pada awalnya menggunakan Surfer untuk memvisualisasikan permukaan geometri dengan mudah sebagaimana telah dijelaskan pada dasar teori. Selanjutnya software ini digunakan untuk memberikan motif-motif batik yang kemudian dapat dipolakan pada kain. Beberapa contoh hasil kegiatan dengan motif terkait ditunjukkan pada Gambar 6. *Novelty* yang dihasilkan adalah pada pembentukan motif bagi disain batik dimana pembuatan batik dibantu oleh pengrajin batik sehingga siswa dapat melakukan proses pematikan dengan baik.



Gambar 6 Hasil disain permukaan (kiri) dan batik terkait yang dihasilkan (kanan)

Dibandingkan dengan kreasi batik dengan matematika yang sudah ada seperti fractal (Yulianto *et al*, 2012), batik dengan Surfer mempunyai kebebasan yang memudahkan pembuat batik tidak perlu merisaukan dengan efek derau yang muncul karena penggam-

baran motif pada kain dan pewarnaan pada tekstil masih manual. Beberapa hasil kegiatan penelitian juga memperhatikan aspek gender dalam gambar dan warna yang dihasilkan. Akan tetapi studi lebih lanjut tentang hal ini belum dapat dilakukan karena keterbatasan pemahaman penulis terkait dengan pemilihan bentuk dan warna dari sisi gender oleh 24 anak-anak sekolah SMP.

### Hasil Inovasi Bidang Datar untuk Leonardo Dome dan Leonardo Bridge

#### *Leonardo Dome dengan Stik es*

Stik es ini mudah didapat dan disukai oleh siswa. Berbagai inovasi dengan stik es dapat dipelajari di internet. Pada umumnya stik es digunakan untuk bentuk-bentuk yang biasa dikenal sehari-hari. Pada penelitian ini stik es dimanfaatkan untuk membuat Leonardo Dome yang disusun dengan pola tertentu tanpa menggunakan perekat yang ditunjukkan pada Gambar 7 dimana pada Contoh dilakukan dengan kayu. Pada literatur juga dijumpai bahwa stik es juga pernah digunakan untuk menyusun Leonardo Dome. Gambar 7

menunjukkan 2 jenis penyusunan Leonardo Dome menggunakan stik es.

#### *Leonardo Dome dengan Bambu dan Kayu*

Bambu merupakan jenis kayu yang mudah diperoleh dan murah sehingga materi ini juga mudah sebagai materi inovasi. Dengan konstruksi yang sama sebagaimana pada stik es, kita juga dapat mendisain Leonardo Dome dengan menggunakan bambu sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8. Akan tetapi media bambu kurang disukai oleh pengguna bagi anak sekolah SMP karena keamanan dapat terganggu. Sedangkan dari sisi ekonomi, media ini lebih murah.

Sebagaimana disebutkan pada metode, inovasi dapat dilakukan pada bentuk yang sama tetapi dalam bentuk materi maupun cara penyajian yang berbeda. Pada bagian ini ditunjukkan bahwa Leonardo Dome dapat dikonstruksi dari batang persegi empat dari kayu yang berwarna warni untuk menarik bagi peserta didik dalam menggunakan material bagi kegiatan. Semula masing-masing kelompok dapat mencoba dengan 30 batang untuk menyusun Leonardo Dome. Selanjutnya



Gambar 7 Rekayasa bidang datar dengan stik es untuk membuat Leonardo Dome (kegiatan bersama mahasiswa Pendidikan Matematika FKIP UKSW, Sem 2, 2015/2016 (Sumber : Foto pribadi).



Gambar 8 Rekayasa bidang datar dengan bambu untuk membuat Leonardo Dome (kiri) dan bangun polihedra sebagai baju kreatif (kanan) (kegiatan bersama mahasiswa Pendidikan Matematika FKIP UKSW, Sem 2, 2015/2016.

lutnya semua kelompok bergabung untuk menggabungkan material menjadi 1 Leonardo Dome yang lebih besar. Hal ini menimbulkan aspek kebersamaan dalam melakukan kegiatan selain dari materi matematika yang diajarkan. Akan tetapi material yang dibuat ternyata belum mampu mendukung Leonardo Dome agar terbentuk dengan baik, karena cat yang digunakan membuat material tidak kokoh seperti ketika digunakan material dari kayu bambu. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 9 bahwa Leonardo Dome tidak terbentuk dengan baik sebagaimana pada Gambar 3. Di lain pihak, bambu bukan material yang cukup aman buat siswa dalam kegiatan ini. Demikian pula dalam pembuatan Leonardo Bridge, materi yang digunakan adalah balok dengan sedikit profil pada tiap batang agar dapat dikaitkan tanpa menggunakan perekat.



Gambar 9 Leonardo Dome dari kayu (segiempat) yang bermacam-macam warna untuk menarik siswa



Gambar 10 Beberapa siswa-siswa SMP Santa Ursula BSD pada 10-16 Juni 2017 di Salatiga yang memperagakan Leonardo Bridge dibuat dari balok-balok dengan sedikit profil pada tiap batang agar dapat dihubungkan tanpa menggunakan perekat.

## SIMPULAN

Penambahan material lokal seperti batik dan bambu dinyatakan sebagai media untuk mewujudkan inovasi. Bentuk inovasi permukaan dipelajari menggunakan software Surfer dimana materi pembelajaran adalah bola dan silinder. Setelah siswa memahami cara menggunakan Surfer dan pemahaman umum secara matematis untuk bola dan silinder, siswa diijinkan melakukan inovasi berbagai permukaan aljabar yang sudah ada pada software Surfer dimana hasil permukaan yang dihasilkan sebagai materi motif batik.

Inovasi yang lain dilakukan dengan inovasi geometri untuk bidang datar yang dibentuk sebagai polihedra. Selain itu, inovasi yang sudah ada dari persegi empat untuk menjadi Leonardo Dome dan Leonardo Bridge juga dilakukan dengan menggunakan stik es, bambu, pralon dan kayu. Hasil-hasil inovasi tersebut telah diujicobakan sebagai media pembelajaran matematika kreatif yang dilakukan *outdoor* bagi siswa menengah pertama.

## Ucapan Terima kasih

Kepada Kementerian Ristekdikti atas Penelitian Produk Terapan, No.025/E3/2017 tahun ke-2, tahun 2018 dan UKSW.

## DAFTAR PUSTAKA

- Burwell, J. (2013). Leonardo Da Vinci's Self Supporting Bridge. *Understanding and Using Structural Concepts*. Manchester 1824: The University of Manchester (Retrieved from [www.luntti.net/esityksia/elamystenMatikka/leonardo.pdf](http://www.luntti.net/esityksia/elamystenMatikka/leonardo.pdf))
- Di Teodoro, F. (2015). Leonardo da Vinci: The Proportions of the Drawings of Sacred Buildings in Ms. B, Institut de France. *Architectural Histories*, 3(1), Art. 1.
- Hicks, S., Donald, S.M., Martin, E. (2017). Measuring Student Attitudes and Performance in order to Improve Future Performance and Enrolments in Senior Science Subjects., *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 25(3), 1-10.
- Koenderink, J. J. (2012). Geometry of imaginary spaces. *Journal of Physiology-Paris*, 106(5-6), 173-182.
- Parhusip, H.A. (2015). Disain ODEMA (*Ornament Decorative Mathematics*) untuk Populerisasi Matematika, *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Sains dan Informatika*, 8-15.
- Roelofs, R. (2003, July). Leonardo da Vinci's Bar Grids. In *Meeting Alhambra, ISAMA-BRIDGES Conference Proceedings*(pp. 229-234). University of Granada.

- Salvadori, M., Picone, M. (2007). From Student and Teacher to Professional Fellowship, *Nexus Network Journal Architecture and Mathematics*, 9(2), 169-382.
- Sequin, C.H. (2014). Twistor Knots, *Hyperseeing journal*, 12-16.
- Situngkir, H. (2008). *The computational generative patterns in Indonesia*, <https://pdfs.semanticscholar.org/5336/a5a968906654a69aac0a29ede3eb-1b40a653.pdf>
- Yulianto, R., Hariadi, M., & Purnomo, M. H. (2012). Fractal Based on Noise for Batik Coloring using Normal Gaussian Method. *IPTEK*, 23(1), 34-40
- Yoon, C., Chin, S. L., Moala, J. G., & Choy, B. H. (2018). Entering into dialogue about the mathematical value of contextual mathematizing tasks. *Mathematics Education Research Journal*, 30(1), 21-37.