

Papercraft sebagai metode pembelajaran daya bayang ruang pada mahasiswa dengan menggunakan *software blender*

Arnold Maximillian*, Lisa Levina Krisanti Jonatan, Muhammad Irfan Nurrachman

Program Studi Desain Interior, Fakultas Humaniora dan Industri Kreatif, Universitas Kristen Maranatha
 Jl. Surya Sumantri No. 65, Sukawarna, Kec. Sukajadi, Kota Bandung, Jawa Barat 40164, Indonesia

*Penulis korespondensi: arnold.maximillian@art.maranatha.edu

Received: 23/07/2024

Revised: 24/11/2024

Accepted: 26/11/2024

Abstrak. *Papercraft* merupakan seni kerajinan tangan berbahan dasar kertas yang dilakukan dengan cara menggunting, melipat, dan menempel. Jenis kerajinan ini dianggap mampu meningkatkan kemampuan motorik dan melatih pemahaman bangun ruang tiga dimensi. Hal ini berkesinambungan dengan kondisi mahasiswa yang memiliki kesulitan untuk dapat memahami daya bayang bangun ruang tiga dimensi. Peneliti melihat adanya potensi dari *skillset papercraft* yang dapat dimanfaatkan sebagai inovasi pada metode pembelajaran untuk dapat memenuhi kekurangan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kemampuan daya bayang mahasiswa dan proses perubahan gambar datar menjadi model digital, serta merealisasikannya ke dalam wujud fisik tiga dimensi dengan menggunakan metode *papercraft*. Peneliti menggunakan metode kualitatif deskriptif untuk menjabarkan hasil eksplorasi tugas perkuliahan mahasiswa mengenai proses transformasi gambar dua dimensi menjadi bangun ruang tiga dimensi yang dilakukan dengan menggunakan bantuan *software Blender*. Hasil transformasi ini akan menghasilkan bentuk bangun ruang tiga dimensi berdasarkan acuan studi *image* awal. Dari penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan bahwa terdapat metode pembelajaran alternatif yang dapat diaplikasikan pada materi perkuliahan untuk dapat melatih kemampuan daya bayang ruang mahasiswa.

Kata Kunci: *Papercraft*, Metode Pembelajaran, Daya Bayang Ruang, Mahasiswa, Blender

Abstract. *Papercraft* is a paper-based handicraft made by cutting, folding and pasting. This type of craft is considered to be able to improve motor skills and train understanding of three-dimensional space. This is relevant to students who may struggle with visualizing three-dimensional spatial structures. Researchers recognize the potential of the *papercraft* skill set that can be utilized as an innovation in learning methods to address this deficiency. This study aims to look at the ability of students' spatial visualization abilities and the process of transforming flat images into digital models, subsequently materializing them into three-dimensional physical forms using *papercraft* methods. Researchers used a descriptive qualitative method to elaborate on the findings of students' exploration tasks in transforming two-dimensional images into three-dimensional objects using *Blender* software. The results of this transformation will yield a three-dimensional spatial structure on the initial study image reference. From this research, it can be concluded that there is an alternative learning method that is applicable to coursework to enhance students' spatial visualization abilities.

Keywords: *Papercraft*, Learning Method, Spatial Visualization, Students, Blender

Pendahuluan

Kertas merupakan media lembaran yang memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi berbagai kerajinan tangan, salah satunya adalah *papercraft*. Jenis kerajinan tangan ini memiliki prinsip kerja merakit potongan kertas menjadi sebuah benda tiga dimensi, yang dilakukan dengan cara menggunting, melipat, dan menempel berdasarkan sebuah pola panduan (A'yunin & Padilah, 2023; Budiwaluyo & Muhid, 2021). Berbagai penelitian menyatakan bahwa kombinasi dari ketiga aktivitas tersebut dapat melatih perkembangan motorik, kesabaran, ketekunan, dan kedisiplinan (Budiwaluyo & Muhid, 2021). Selain itu, *papercraft* juga memiliki manfaat untuk melatih daya bayang ruang, yaitu kemampuan seseorang untuk melihat dan memanipulasi ruang, pola, dan desain (Sriwahyuni & Nasriah, 2021). Sistem kerja *papercraft* akan merangsang kemampuan seseorang untuk memiliki gambaran dasar mengenai transformasi gambar datar dua dimensi menjadi bentuk bangun ruang yang memiliki sifat tiga dimensi. Begitu juga dengan pemahaman sebaliknya, dimana setiap bangun ruang tiga dimensi diawali dari pembentukan dan perakitan seperangkat bidang datar dua dimensi.

Prinsip rancang bangun yang digunakan oleh *papercraft* secara tidak langsung dapat mengembangkan kemampuan spasial seseorang yang dilakukan dengan melalui cara bermain. Hal ini sejalan dengan Sujiono (2010) yang menyatakan bahwa membuat prakarya atau kerajinan tangan dapat digunakan untuk mengembangkan kemampuan spasial seseorang (Sriwahyuni & Nasriah, 2021). Adapun kemampuan spasial merupakan proses pikiran untuk mengenal bentuk, membayangkan, mengkreasi, mengubah, dan menggambarkannya ke dalam wujud konkret. Proses ini berkaitan dengan kemampuan seseorang untuk menjabarkan dunia ruang-visual menggunakan rangkaian garis, bidang, dan ruang (Saputra, 2018). Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu, peneliti menemukan hasil studi bahwa pembelajaran tentang daya bayang ruang atau objek tiga dimensi dianggap sebagai salah satu materi studi yang sulit untuk dipelajari (Saputra, 2018; Sahara & Nurfauziah, 2021). Hal ini sejalan dengan kondisi mahasiswa saat ini ketika menghadapi studi kasus yang berkaitan dengan daya bayang ruang tiga dimensi. Mereka selalu mengaku kesulitan untuk dapat membayangkan dan memahami massa atau kedalaman ruang, sehingga hasil luaran dari tugas mereka memiliki proporsi dan komposisi yang kurang optimal. Kekurangan ini dapat diminimalisir dengan cara melakukan penekanan pada materi pemahaman kemampuan spasial yang akan meningkatkan daya bayang mahasiswa terhadap bangun ruang (Syahputra, 2013).

Dari fenomena tersebut, peneliti melihat adanya potensi dari prinsip kerja *papercraft* yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu materi pembelajaran untuk dapat meningkatkan kemampuan daya bayang ruang pada mahasiswa. Hal ini merupakan sebuah inovasi pada metode pembelajaran formal yang dilakukan dengan cara berbeda. Mahasiswa dapat diarahkan untuk berimajinasi, melakukan eksplorasi ruang, dan membuat representasi bentuk model tiga dimensi (Hikmayani, 2017) dengan menggunakan pendekatan bermain. Pada kesempatan ini, peneliti juga mencoba untuk menggunakan pendekatan teknologi digital dengan memanfaatkan aplikasi *software Blender*. Adanya peran *software Blender* akan mempermudah mahasiswa untuk dapat membayangkan dan melihat objek dari berbagai sudut pandang, sehingga mampu memunculkan kepekaan dalam memahami kedalaman ruang, serta merealisasikannya menjadi bentuk digital tiga dimensi. Selain itu, aplikasi ini juga dapat membantu mahasiswa untuk mempersiapkan model tiga dimensi menjadi pola panduan metode *papercraft*.

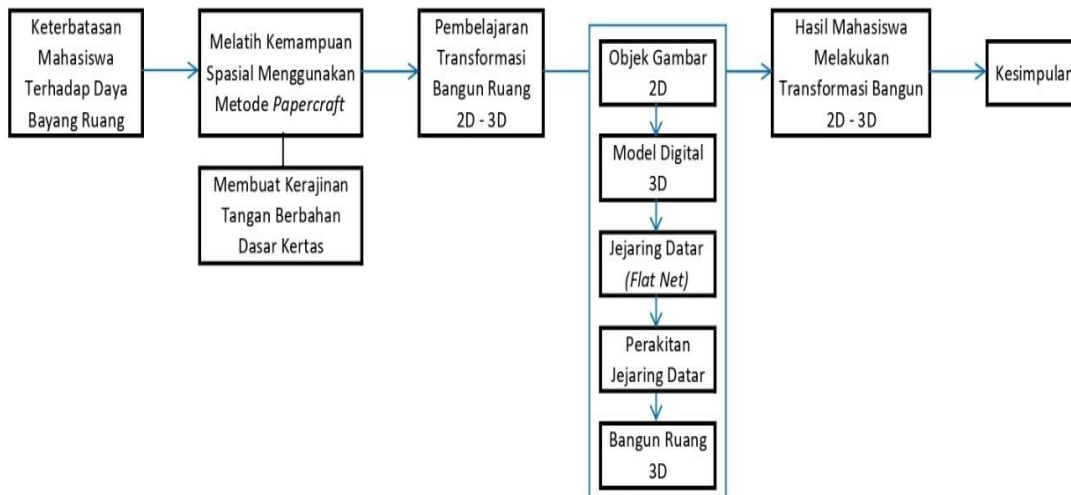
Untuk dapat mengetahui aplikasi metode *papercraft* sebagai salah satu inovasi metode pembelajaran, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk (1) mengetahui kemampuan daya bayang ruang pada mahasiswa; dan (2) melihat proses perubahan objek gambar dua dimensi menjadi model digital dua-tiga dimensi, serta realisasinya dalam wujud fisik tiga dimensi yang dilakukan dengan menggunakan metode *papercraft*. Peneliti ingin melihat

capaian dari kemampuan daya bayang ruang mahasiswa serta hasil eksplorasi yang diperoleh dari proses pembelajaran di kelas. Dari hasil pembelajaran tersebut, dapat diperoleh gambaran bahwa mahasiswa mampu menggunakan kemampuan daya bayang ruangnya untuk membuat bangun ruang tiga dimensi. Selain itu, peneliti juga menilai bahwa metode *papercraft* dapat digunakan sebagai salah satu alternatif metode pembelajaran untuk melatih kemampuan daya bayang ruang pada mahasiswa.

Metode

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kualitatif deskriptif yang bertujuan untuk menjabarkan hasil eksplorasi tugas perkuliahan mahasiswa program studi desain komunikasi visual yang sedang mengampu mata kuliah elektif Desain 3D. Adapun materi tugas tersebut adalah mengenal proses transformasi objek gambar dua dimensi menjadi bangun ruang tiga dimensi. Adapun cara pengumpulan data yang dilakukan, antara lain: (1) studi literatur; (2) eksplorasi; dan (3) eksperimen. Eksplorasi merupakan pendekatan yang dilakukan untuk menggali ide gagasan dan cara pengolahannya (Akbar, Weriana, Siroj, & Afgani, 2023). Pada tahap eksperimen, mahasiswa melakukan percobaan langsung (Octarini & Rambe, 2020) dengan cara membuat dan merakit berbagai jenis pola berdasarkan ide gagasan yang telah dipilih. Peneliti melakukan studi literatur dari penelitian terdahulu untuk mengetahui metode *papercraft* sekaligus teknik pembuatan model digital tiga dimensi dan cara membuat pola panduan dalam bentuk lembar dua dimensi. Dari hasil studi literatur ini, peneliti memberikan materi pembelajaran kepada mahasiswa untuk melakukan eksplorasi ide gagasan bentuk tiga dimensi *papercraft* dengan batasan tema burung.

Untuk mempermudah proses pembelajaran, maka model digital tiga dimensi akan dibuat dengan menggunakan format *low-poly*, yaitu bentuk model tiga dimensi yang memiliki tingkat detail rendah (Keleşoğlu & Özer, 2021). Prinsip *low-poly* merupakan upaya penyederhanaan bentuk kompleks hingga diperoleh esensi dasar dari bentuk objek yang digunakan. Peneliti mengarahkan mahasiswa untuk melakukan pembelajaran transformasi bangun ruang dengan cara melakukan eksplorasi model digital tiga dimensi menggunakan bantuan *software* Blender. Aplikasi *software* ini juga digunakan untuk membuat jejaring datar (*flat net*) atau bentuk unghak (*folding unfolding*) format dua dimensi (Tappeh & Peng, 2021) yang menyesuaikan dengan skema *papercraft*. Hasil jejaring datar (*flat net*) ini kemudian dicetak pada lembaran kertas, dan mahasiswa akan mencoba untuk merakitnya menjadi bangun ruang tiga dimensi dengan cara menggunting, melipat, dan menempel. Dari hasil pembelajaran ini, peneliti dapat melihat kemampuan daya bayang mahasiswa dalam melakukan pengamatan terhadap objek dua dimensi, transformasi pembuatan model digital, jejaring datar (*flat net*), dan perakitan bangun ruang tiga dimensi. Selain itu, metode *papercraft* juga tidak hanya melatih daya bayang ruang, namun dapat pula melatih kreativitas dari mahasiswa.



Gambar. 1 Diagram Alur Pemikiran Penelitian
Sumber: Dokumentasi Pibadi, 2024

Hasil dan Pembahasan

Papercraft Sebagai Metode Pembelajaran Bagi Mahasiswa

Metode pembelajaran merupakan cara penyajian materi ajar oleh dosen atau tenaga pengajar kepada mahasiswa yang dilakukan melalui proses belajar untuk mencapai suatu tujuan tertentu. (Sutikno, 2019). Jenis metode pembelajaran yang digunakan dalam ruang perkuliahan sangat bervariasi dan menyesuaikan dengan situasi serta kondisi mahasiswa. Pemilihan metode pengajaran ini dilakukan atas dasar kebutuhan mahasiswa terhadap suatu pemahaman materi. Dalam studi kasus penelitian ini, materi yang diangkat adalah kemampuan mahasiswa untuk dapat memahami daya bayang bangun ruang tiga dimensional. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka peneliti menggunakan metode *papercraft* sebagai bahan materi pembelajaran yang dapat melatih kemampuan spasial mahasiswa. Dengan adanya latihan kemampuan spasial ini, diharapkan mampu meningkatkan kepekaan mahasiswa dalam mempelajari detail suatu objek (Hikmayani, 2017). Selain itu, metode *papercraft* juga berperan sebagai media pembelajaran non-verbal yang inovatif dan menarik (Angginingsih, Asril, & Wirabrata, 2021). Mahasiswa dapat berinteraksi terhadap materi pembelajaran berbasis visual yang dilakukan melalui kegiatan eksplorasi dan eksperimen akan memiliki aplikasi cara dan sensasi berbeda dengan materi pembelajaran verbal pada umumnya.

Dalam penelitian ini, metode *papercraft* tidak hanya berlaku sebagai seni kerajinan tangan kertas, namun memiliki peran untuk melatih kepekaan mahasiswa untuk membuat bentuk bangun ruang tiga dimensi yang dilakukan dengan cara melipat, menggunting, dan menempel berdasarkan bentuk model digital hasil kreasi mandiri. Metode *papercraft* menjadi pengantar bagi mahasiswa untuk dapat membayangkan transformasi bangun ruang dua dan tiga dimensional. Keunikan dari metode *papercraft* adalah transformasi dimensi bangun ruang berjalan beriringan dan bergantian secara dua arah.

1. Mahasiswa melakukan studi pengamatan terhadap objek digital dua dimensi.
2. Data hasil pengamatan tersebut digunakan untuk membuat model digital tiga dimensi.
3. Mahasiswa melakukan pengungkahan (*unfolding*) atau transformasi bentuk model digital tiga dimensi menjadi jejaring datar (*flat net*) dua dimensi skema *papercraft* dengan format digital. Jika dibandingkan, maka keduanya merupakan objek yang sama, hanya saja memiliki format tampilan berbeda.

4. Mahasiswa melakukan konversi wujud digital menjadi wujud konkret, yaitu dengan cara melakukan pencetakan pada lembar kertas, sehingga dapat diperoleh jejaring datar (*flat net*) dua dimensi skema *papercraft* dengan format fisik. Dari hasil pencetakan tersebut, mahasiswa dapat memperoleh sekumpulan modul bidang datar yang tersusun dalam pola panduan *papercraft*.
5. Dari hasil pencetakan tersebut, mahasiswa dapat melakukan perakitan modul bidang datar dengan cara melipat, menggunting, dan menempel menjadi bentuk fisik bangun ruang tiga dimensi.

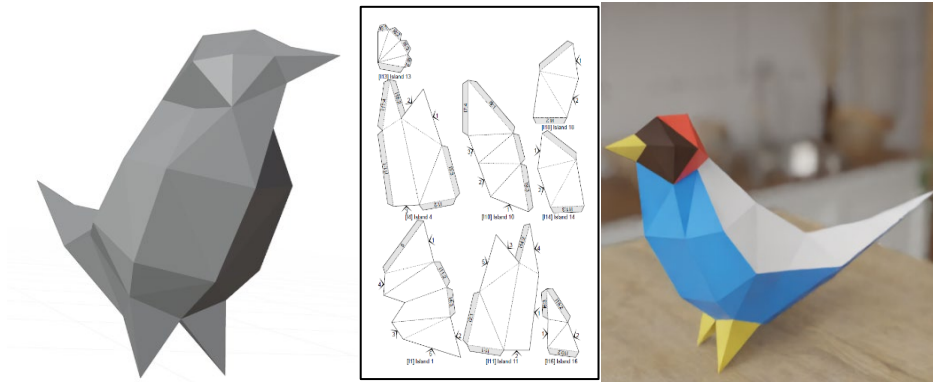
Dari metode *papercraft* ini, mahasiswa dapat memahami proses transformasi bangun ruang dua dan tiga dimensional. Adapun gambaran mengenai proses penerapan metode *papercraft* sebagai metode pembelajaran terhadap kemampuan daya bayang ruang bagi mahasiswa, dapat dijabarkan melalui tahapan sebagai berikut.

Tahap Persiapan

Dalam proses eksperimen ini, mahasiswa membutuhkan objek gambar sebagai acuan untuk membuat model digital tiga dimensi. Untuk dapat membuat model digital tiga dimensi, mahasiswa dapat menggunakan komputer *portabel (laptop)* dengan spesifikasi minimal OS windows 8.1 (64-bit), CPU 4 *cores* with SSE4.2 *support*, RAM 8GB, dan GPU 2GB VRAM with OpenGL 4.3 (Rochman, 2012), 1920x1080 Full HD *display*, dan *mouse*. Laptop ini perlu dilengkapi dengan dengan *software* Blender versi 4.0, yaitu aplikasi *free and open-source* yang dapat digunakan untuk membuat pemodelan digital 2D/3D dan *rendering* (Blender, 2024). *Software* ini memiliki digital *workspace* yang membantu mahasiswa untuk membuat dan memanipulasi *vertex*, *edge* serta *face* pada model tiga dimensi. Untuk dapat membuat pola panduan *papercraft*, mahasiswa butuh menambahkan *add-on* Export Paper Model pada *software* Blender, sehingga dapat menghasilkan jejaring datar (*flat net*) berformat pdf dari sebuah model tiga dimensi. Format digital jejaring datar ini dicetak dengan menggunakan *printer* sehingga dapat menjadi wujud fisik kertas. Dari wujud kertas inilah mahasiswa dapat menggunting jejaring datar dan merakitnya dengan menggunakan lem.

Tahap Eksplorasi Ide Gagasan

Mahasiswa diminta untuk menggali ide gagasan awal dengan batasan tema bentuk burung. Gambar 2 merupakan salah satu contoh proses transformasi bentuk model digital tiga dimensi menjadi jejaring datar, dan hasil akhir bangun ruang yang dilakukan dengan menggunakan metode *papercraft*. Transformasi bentuk dua dan tiga dimensi ini menjadi ide gagasan yang akan digunakan sebagai bahan materi pembelajaran bagi para mahasiswa. Untuk dapat membuat bentuk burung dengan metode *papercraft*, mahasiswa butuh membuat model tiga dimensi digitalnya terlebih dahulu pada gambar 2 kiri. Mereka diarahkan untuk dapat membuat model digital secara mandiri sehingga dapat membayangkan dan berkreasi sesuai dengan kemampuannya. Tahap selanjutnya, model digital ini akan dikonversi menjadi jejaring datar (*flat net*) yang bertujuan untuk memperoleh pola panduan skema *papercraft* pada gambar 2 tengah. Bentuk jejaring datar ini membedakan sistem kerja *papercraft* dengan jenis kerajinan tangan kertas lainnya. Berdasarkan pola jejaring datar ini mahasiswa dapat melakukan aktivitas gunting, lipat, dan tempel yang merupakan esensi teknik *papercraft*. Dari proses perakitan ini, mahasiswa dapat memperoleh hasil jadi wujud fisik burung dalam format tiga dimensi pada gambar 2 kanan.



Gambar. 2 Contoh Model Tiga Dimensi (kiri), Jejaring Datar *Papercraft* (Tengah), Hasil Jadi (kanan)
Sumber: Dokumentasi Pibadi, 2024

Tahap Eksperimen

Pada tahap eksperimen, mahasiswa diminta untuk melakukan pengamatan terhadap objek gambar dua dimensi dengan batasan tema burung. Agar dapat memudahkan proses eksperimen, maka digunakanlah visualisasi tampak samping dari burung. Alasan pentingnya pemilihan visualisasi tampak samping, antara lain: (1) mahasiswa dapat melihat keseluruhan bentuk tubuh; (2) mahasiswa dapat melihat detail lekuk tubuh burung; (3) mahasiswa dapat melakukan pengukuran proporsi dan massa ruang dari tubuh burung dengan baik; dan (4) akan mempermudah mahasiswa dalam proses pembuatan model tiga dimensi. Pada studi kasus ini, mahasiswa melakukan pengamatan terhadap model burung jenis Titmouse (*Baeolophous Bicolor*) pada gambar 3. Alasan lainnya adalah jenis burung ini memiliki bentuk lekuk tubuh yang sederhana, sehingga dapat mempermudah mahasiswa untuk mempelajari anatomi bentuk tubuhnya.



Gambar. 3 Titmouse (*Baeolophous Bicolor*)
Sumber: Dokumentasi Pibadi, 2024



Gambar. 4 Studi Anatomi Tubuh Titmouse Dari Berbagai Sudut Pandang
Sumber: Dokumentasi Everitt, 2015; Spitalnik; Wildlife; Animalia, 2024

Mahasiswa melakukan studi anatomi tubuh Titmouse dengan tujuan untuk memahami keseluruhan bentuk tubuh burung. Agar dapat memahami detail dan bentuk tubuh burung, mahasiswa melakukan studi bentuk yang dilakukan dari berbagai sudut pandang pada gambar 4. Selain itu, mahasiswa juga dapat mengetahui proporsi dan mampu memetakan massa ruang tiap segmen atau bagian tubuhnya. Studi ini dilakukan dengan tujuan untuk melatih kemampuan spasial, terutama persepsi spasial, yaitu kepekaan dalam mengamati dan memahami bentuk suatu bangun ruang (Saputra, 2018) yang sedang dilihatnya secara langsung. Proses mengamati bentuk detail burung Titmouse dari berbagai sudut pandang merupakan salah satu bentuk latihan rotasi mental, sebagai kemampuan mengamati dengan cara melakukan rotasi terhadap objek tersebut (Rustanuarsi, 2023). Kepekaan kemampuan spasial dalam mengamati anatomi tubuh burung Titmouse berkaitan dengan kualitas data spasial yang masuk ke dalam memori mahasiswa. Memori spasial ini menjadi dasar bagi mahasiswa untuk melakukan penggambaran ulang (Rustanuarsi, 2023) terhadap bentuk burung Titmouse pada tahap pembuatan model digital tiga dimensi. Dari memori spasial ini, mahasiswa mampu membayangkan bentuk burung tanpa harus melihat wujud objeknya. Berdasarkan pemaparan di atas dapat dilihat bahwa, semakin peka mahasiswa dalam mengamati dan memahami objek, maka semakin detail pula data yang akan diperoleh. Hal ini akan berpengaruh pada kualitas objek tiga dimensi yang dihasilkan.

Sesuai dengan tujuan awal penelitian yang ingin melihat metode *papercraft* sebagai salah satu metode pembelajaran untuk melatih kemampuan daya bayang ruang pada mahasiswa, maka peneliti menggunakan jenis model *low-poly* sebagai studi kasusnya. Jenis model *low-poly* adalah sebuah objek dengan jumlah permukaan yang relatif sedikit dan tersegmentasi. Hal ini kontras dengan jenis model *high-poly* yang memiliki visualisasi lebih halus dan detail. Model *papercraft* dengan format *low-poly* akan memiliki bentuk yang sederhana dan bersifat esensial. Selain itu model digital tiga dimensi dengan format *low-poly* juga akan mempermudah proses pembelajaran bagi mahasiswa. Sejalan dengan sistem kerja *papercraft*, model digital dengan format *low-poly* ini merupakan rangkaian bangun ruang tiga dimensi yang dibuat dari lipatan permukaan datar dua dimensi (*polygon*). Bangun ruang ini juga memiliki prinsip ketiadaan bagian permukaan datar yang mengalami tumpang tindih (Tappeh & Peng, 2021). Seluruh permukaan datar berdiri bebas membentuk sisi dari model tiga dimensi. Adapun tahap eksperimen ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu: (1) pembuatan model tiga dimensi; (2) pembuatan jejaring datar (*flat net*); dan (3) perakitan jejaring datar.

1. Pembuatan Model Tiga Dimensi

Pada tahap ini, mahasiswa melakukan penggambaran ulang hasil pengamatan anatomi tubuh burung Titmouse menjadi bentuk model digital tiga dimensi. Kegiatan ini merupakan bagian dari latihan kemampuan spasial mahasiswa dalam aspek persepsi spasial, rotasi mental, dan visualisasi spasial (Syahputra, 2013). Visualisasi spasial adalah kepekaan mahasiswa untuk membayangkan objek dari berbagai arah dengan cara merotasi atau memutar objek, sehingga dapat diperoleh visualisasi keseluruhannya (Rustanuarsi, 2023; Saputra, 2018). Ketiga aspek ini bergantung pada kepekaan mahasiswa dalam menggunakan memori spasial untuk mengingat, membayangkan, dan mengolah data hasil pengamatan anatomi burung Titmouse menjadi model digital tiga dimensi tanpa harus melihat wujud objeknya. Untuk memudahkan proses latihan tersebut, maka digunakanlah bantuan aplikasi *software* Blender.

Mahasiswa membuat kreasi model digital tiga dimensi burung Titmouse dengan cara membuat rangkaian *mesh* yang terbentuk dari titik (*vertex*), tepian (*edges*) dan permukaan (*faces*). *Edge* adalah garis lurus yang menghubungkan dua *vertices* (bentuk jamak dari *vertex*), sedangkan *face* adalah sebuah bidang datar yang dikelilingi minimal tiga *edges* (Joang, 2017; Marselia & Meysiana, 2021). Ketiga aspek ini merupakan unsur dasar dalam

membentuk model digital tiga dimensi, begitu pula sistem pengoperasian yang digunakan pada *software* Blender. Mahasiswa membuat *mesh* berdasarkan referensi gambar burung Titmouse yang telah dipersiapkan sebelumnya pada gambar 5. Adapun proses pembuatan model digital tiga dimensi ini dapat dibagi menjadi sub tahap, yaitu: (1) membuat *outline* menjadi *mesh*; (2) membagi *mesh* menjadi lebih kecil; dan (3) menggeser *vertex* menjadi bentuk model digital tiga dimensi.



Gambar. 5 Hubungan Gambar Referensi Dengan *Mesh*
Sumber: Dokumentasi Pibadi, 2024

a. Sub Tahap 1: Membuat *Outline*

Proses membuat model digital tiga dimensi burung Titmouse berformat *low-poly* diawali dengan membuat *mesh* berbentuk *outline* yang mengikuti gambar referensi. Untuk dapat menghasilkan model digital tiga dimensi dengan format *low-poly*, maka jumlah *outline* dibatasi antara 20-50 *vertices*. Adanya keterbatasan jumlah *vertices*, menyebabkan bentuk *mesh* burung menjadi lebih sederhana bila dibandingkan dengan gambar referensinya. Penyederhanaan ini dilakukan dengan mengacu pada esensial dasar dari bentuk burung Titmouse. Pada sub tahap ini, *mesh* yang dihasilkan masih berupa bidang datar seperti yang nampak pada gambar 6.



Gambar. 6 Polygon *Mesh* Dengan *Outline*
Sumber: Dokumentasi Pibadi, 2024

b. Sub Tahap 2: Membagi *Mesh*

Setelah diperoleh *mesh* utuh berbentuk *outline* burung Titmouse, mahasiswa membagi *mesh* tersebut menjadi beberapa *mesh* yang berukuran lebih kecil. Agar sesuai dengan tema format *low-poly*, maka pemotongan *mesh* dibatasi hanya pada 25-50 *faces*. Tujuan dari pembagian *mesh* tersebut adalah untuk dapat memperoleh dimensi ketiga yang akan menghasilkan model tiga dimensi. Proses pembagian *mesh* ini

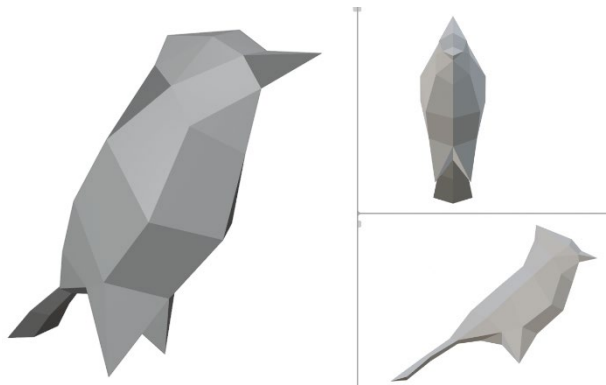
mendorong mahasiswa untuk mampu melakukan proyeksi bentuk model burung secara tiga dimensional berdasarkan hasil pengamatan yang telah mereka peroleh sebelumnya. Tidak ada aturan baku dalam membagi *mesh*, sehingga mahasiswa dapat bisa berkreasi bebas sesuai dengan abstraksinya masing-masing. Hal ini akan mengasah daya bayang mahasiswa untuk dapat membagi *mesh* menjadi bagian-bagian yang lebih kecil berdasarkan segmentasi atau pemetaan bagian tubuh burung Titmouse. Pada gambar 7, dapat dilihat bahwa untuk mendapatkan bentuk model digital tiga dimensi tersebut, mahasiswa membagi *mesh* menjadi 32 *faces*.



Gambar. 7 *Mesh* Dengan 32 *Faces*
Sumber: Dokumentasi Pibadi, 2024

c. Sub Tahap 3: Memberi Dimensi Ketiga Pada *Mesh*

Kemampuan visualisasi spasial mahasiswa terlihat pada usaha mereka dalam memberikan kedalaman ruang pada *vertices* yang terdapat dalam *mesh*. Kualitas dari kedalaman ruang ini bergantung pada kepekaan mahasiswa dalam membayangkan bentuk anatomi tubuh dan massa ruang dari burung Titmouse. Selain itu kepekaan mereka dalam memahami bentuk tubuh burung dari berbagai sudut pandang juga menentukan kualitas kedalaman ruang dari model tiga dimensi yang akan dihasilkan. Pembentukan dimensi ketiga pada *mesh* ini merupakan langkah penting dalam melakukan transformasi bidang datar dua dimensi menjadi permukaan tiga dimensional. Pada sub tahap ini, mahasiswa hanya perlu membuat separuh model digital, karena mereka dapat menggunakan fitur *mirror* yang terdapat dalam *software* Blender. Fitur ini akan membuat tiruan model digital yang bersifat otentik, namun dengan bentuk yang berkebalikan (*mirroring*). Selanjutnya mahasiswa dapat menghubungkan kedua buah model digital ini menjadi satu buah bentuk model digital burung Titmouse yang utuh pada gambar 8. Dibutuhkan kepresisian dalam melakukan penggabungan tersebut, sehingga mahasiswa disarankan untuk menggunakan beberapa tampilan *window* agar mereka mampu menempatkan *vertices* pada posisi yang benar. Dari bentuk model digital burung Titmouse tersebut, mahasiswa dapat melakukan observasi mengenai bentuk burung dari berbagai sudut pandang, sehingga dapat dilakukan pemeriksaan ulang terhadap kualitas dari hasil pembentukan dimensi ketiga yang telah dilakukan.

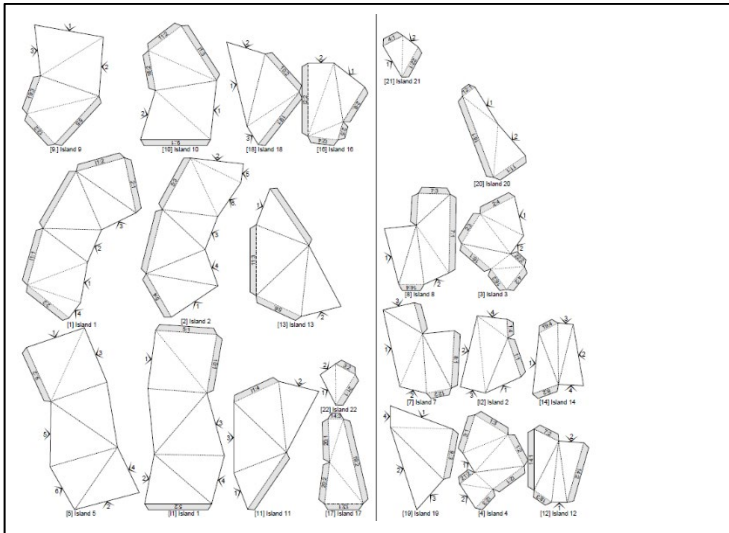


Gambar. 8 Mesh Tiga Dimensi Dilihat Dari Berbagai Sudut Pandang
Sumber: Dokumentasi Pibadi, 2024

2. Pembuatan Jejaring Datar (*Flat Net*)

Setelah mahasiswa memperoleh bentuk model tiga dimensi burung Titmouse yang utuh, selanjutnya mahasiswa membuat jejaring datar (*flat net*). Jejaring datar merupakan bentuk unguah (*folding unfolding*) dari model dari model digital tiga dimensi. Selain itu, jejaring datar juga dapat dimaknai sebagai versi datar dari model tiga dimensi (Tappeh & Peng, 2021). Pembuatan jejaring datar bertujuan untuk membuat pola panduan datar dua dimensi dengan format *papercraft* berdasarkan bentuk model digital tiga dimensi dari bentuk burung Titmouse. Mahasiswa membuat jejaring datar (*flat net*) dengan menggunakan *add-on* Export Paper Model pada *software* Blender. Pada proses pengungkahan (*folding unfolding*) model tiga dimensi ini mahasiswa mampu menghasilkan berbagai kemungkinan konfigurasi dari jejaring datar. Hal ini bergantung pada cara mahasiswa menentukan *edges* yang akan dipotong.

Pada hasil unggahan pada gambar 9, dapat dilihat bahwa objek digital yang semula berbentuk tiga dimensi burung Titmouse pada gambar 8 telah dikonversi menjadi format datar dua dimensi. Hasil konversi ini berisikan serangkaian potongan modul kecil yang telah dilengkapi dengan penandanya masing-masing. Setiap modul dibatasi oleh garis pembatas antar *faces* yang berfungsi sebagai pola panduan untuk menggunting dan melipat. Selain itu terdapat pula bagian berlebih pada sisi modul berupa bagian kupingan yang merupakan ciri khas dari pola panduan skema *papercraft*. Bagian ini memiliki fungsi sebagai area untuk menempel dan menyambung antar potongan modul. Dari pola panduan jejaring datar (*flat net*) ini, mahasiswa memperoleh berbagai potongan modul berdasarkan hasil dari segmentasi terhadap bentuk model digital tiga dimensi burung Titmouse yang telah dilakukan pada tahap pembuatan model digital. Seluruh rangkaian potongan modul ini merupakan bentuk datar dan terungkah (*unfolding*) dari objek utuh tiga dimensi burung Titmouse. Untuk memudahkan proses pencetakan, maka konfigurasi jejaring datar (*flat net*) ini disimpan (*save*) dalam kertas berukuran A3 dengan format file pdf.



Gambar. 9 Konfigurasi Jejingan Datar (*Flat Net*)

Sumber: Dokumentasi Pibadi, 2024

3. Perakitan Jejingan Datar (*Flat Net*)

Agar dapat dibuat menjadi bangun ruang tiga dimensi, maka mahasiswa butuh melakukan pencetakan terhadap gambar jejingan datar (*flat net*) model burung Titmouse pada lembaran kertas dengan menggunakan *printer*. Untuk memperoleh hasil yang maksimal, mahasiswa menggunakan kertas yang relatif tebal (260 gsm) sebagai media cetaknya. Jenis dan ketebalan kertas memiliki pengaruh pada kualitas bentuk bangun ruang tiga dimensi burung Titmouse yang akan dihasilkan. Jika kertas terlalu tipis, maka bentuk permukaan bidang datar dapat menjadi cekung atau cembung, namun kertas yang terlalu tebal, akan menyulitkan untuk dilipat. Setelah melakukan pencetakan, mahasiswa dapat memotong pola yang dihasilkan dengan menggunakan alat potong seperti *cutter* dan gunting. Dari hasil potongan tersebut, mahasiswa dapat merakit berbagai modul bagian burung Titmouse dengan cara melipat sesuai pola acuan garis dan melakukan pengeleman pada bagian kupingan yang telah tersedia.

Hasil

Dari tahap eksplorasi mengenai ide gagasan tema burung Titmouse (*Baeolophous Bicolor*) dan melalui rangkaian proses eksperimen, mahasiswa dapat memperoleh hasil wujud fisik bangun ruang tiga dimensi berbentuk burung pada gambar 10. Bentuk bangun ruang ini memiliki karakteristik khas dari *papercraft* yaitu bentuk tiga dimensi yang terbuat dari rangkaian sambungan dan lipatan berbagai modul bidang permukaan datar dua dimensi (*polygon*). Selain itu, rangkaian bangun ruang tiga dimensi ini juga tidak memiliki bagian yang tumpang tindih, sehingga mahasiswa dapat memperoleh bentuk burung utuh. Segmentasi pada bentuk bangun ruang tiga dimensi merupakan ciri khas dari format *low-poly* yang digunakan sebagai studi kasus dari penelitian ini.



Gambar. 10 Hasil Jadi *Papercraft* Model Burung Titmouse
Sumber: Dokumentasi Pibadi, 2024

Transformasi dari tampilan tampak samping dari burung menjadi model digital tiga dimensi merupakan hasil kreasi mahasiswa yang dilakukan dengan mengupayakan kemampuan daya bayang ruang. Mahasiswa dianggap telah mampu melakukan pengamatan terhadap detail segmentasi dan bentuk anatomi burung Titmouse yang diperoleh dari berbagai studi *image*. Dari hasil pengamatan tersebut, mereka juga berhasil melakukan proyeksi abstraksi bentuk burung Titmouse dan mengaplikasikannya ke dalam bentuk digital tiga dimensi dengan format *low-poly*. Kemampuan daya bayang mahasiswa juga berperan dalam proses mengungkap (*folding unfolding*) membuat jejaring datar (*flat net*) sebagai pola panduan bidang datar dua dimensi untuk membuat wujud fisik bangun ruang tiga dimensi *papercraft*. Proses transformasi ini merupakan gambaran bahwa mahasiswa telah mampu menggunakan kemampuan daya bayang ruangnya untuk memahami abstraksi bentuk bangun ruang tiga dimensi dan pengaplikasiannya ke dalam wujud fisik. Selain itu peneliti juga menilai bahwa metode *papercraft* dapat digunakan sebagai alternatif materi pembelajaran untuk melatih kemampuan daya bayang ruang pada mahasiswa.

Simpulan

Berdasarkan eksplorasi dan eksperimen pembuatan model bangun ruang tiga dimensi burung Titmouse dengan menggunakan metode papercraft yang telah dilakukan, peneliti dapat menarik beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Berdasarkan pembelajaran yang telah dilakukan, peneliti melihat bahwa mahasiswa telah mampu melakukan proses transformasi bidang datar dua dimensi menjadi bangun ruang tiga dimensi dengan menggunakan metode papercraft.
2. Software Blender mampu membantu mahasiswa untuk dapat membuat kerajinan tangan papercraft dari tahap awal pemodelan digital. Hal ini memberikan kesempatan bagi setiap orang untuk mandiri membuat model papercraft, membuat jejaring datar (*flat net*), sekaligus merealisasikannya. Software Blender sebagai aplikasi gratis dan open-source, dapat memberikan keuntungan secara nilai ekonomi. Selain itu, software ini juga tidak membutuhkan spesifikasi perangkat keras yang terlalu tinggi.
3. Proses pembuatan jejaring datar (*flat net*) yang dilakukan oleh mahasiswa dengan menggunakan add-on Export Paper Model pada software Blender dapat memberikan

sebuah kesempatan untuk melakukan evaluasi dan refleksi terhadap bentuk model digital tiga dimensi yang telah dibuat.

4. Proses pembelajaran menggunakan materi papercraft ini memiliki peluang untuk dapat digunakan sebagai salah satu alternatif metode pembelajaran tentang kemampuan spasial yang akan mendorong mahasiswa agar mampu memaksimalkan potensi daya bayang ruang dan logika berpikir terhadap bangun ruang tiga dimensi.

Peneliti juga memahami bahwa eksplorasi dan eksperimen yang telah dilakukan oleh mahasiswa baru sebatas proses pemakaian software Blender untuk membuat kerajinan tangan papercraft. Penelitian ini juga masih terbatas pada eksplorasi potensi papercraft untuk diaplikasikan pada materi pembelajaran mengenai daya bayang ruang dan logika berpikir terhadap bangun ruang tiga dimensional. Sedangkan dari sudut pandang mahasiswa, masih terbuka banyak peluang untuk dilakukan berbagai kajian mengenai pengalaman mahasiswa dalam menggunakan papercraft sebagai metode pembelajaran.

Daftar Referensi

- Akbar, R., Weriana, Siroj, R. A., & Afgani, M. W. (2023). Experimental research dalam metodologi pendidikan. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(2), 465-474.
- Angginingsih, N. N., Asril, N. M., & Wirabrata, D. G. (2021). Upaya meningkatkan kemampuan menggunting pada anak usia dini melalui media papercraft. *Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini Undiksha*, 9(2), 277-284.
- A'yunin, Q., & Padilah. (2023). Pengaruh permainan papercraft terhadap kreativitas pada anak usia dini. *PAUD Lectura: Journal of Early Childhood Education*, 6(2), 45-54.
- Blender. (26. March 2024). (Blender Studio) Abgerufen am 14. May 2024 von <https://www.blender.org/download/requirements/>
- Budiwaluyo, H., & Muhid, A. (2021). Manfaat bermain papercraft dalam meningkatkan kreativitas berpikir pada anak usia dini. *PEDAGOGI: Jurnal Anak Usia Dini dan Pendidikan Anak Usia Dini*, 7(1), 76-93.
- Hikmayani, A. S. (2017). Meningkatkan kemampuan visual spasial anak melalui kegiatan kirigami. *JESA: Jurnal Edukasi Sebelas April*, 1(2), 44-54.
- Joang, H. R. (2017). *Animasi 3 Dimensi*. Jakarta: Pusat Pengembangan Perfilman Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Keleşoğlu, M. M., & Özer, D. G. (2021). A study on digital low poly modeling methods as an abstraction tool in design processes. *Civil Engineering and Architecture*, 9(7), 2570 - 2586.
- Marselia, M., & Meysiana, C. (2021). Pembuaran animasi 3D sosialisasi penggunaan jalur simpangan dan bundaran etika berkendara. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 2(2), 104-112.
- Octarini, D., & Rambe, I. H. (2020). Pendekatan eksplorasi untuk mengembangkan kemampuan self-regulated learning (SRL) matematika siswa SMP. *SERPEN: Journal of Mathematics Education and Applied*, 1(2), 8-15.
- Rochman, M. F. (2012). Blender 3D untuk pendidikan animasi. *DEKAVE: Jurnal Desain Komunikasi Visual*, 1(3), 17-24.

- Rustanuarsi, R. (2023). Kemampuan spasial mahasiswa program studi tadaris matematika dalam materi geometri transformasi. *J-PiMat: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(1), 705-714.
- Sahara, R. I., & Nurfauziah, P. (2021). Analisis kesulitan siswa materi bangun ruang sisi datar berdasarkan tahap berpikir van hiele. *JPMI: Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 911-920.
- Saputra, H. (2018). *Kemampuan Spasial Matematis*. 1-8. doi:10.17605/OSF.IO/JFWST
- Sriwahyuni, E., & Nasriah. (2021). Pengaruh menggambar terhadap kecerdasan visual spasial anak usia 5-6 tahun” di tk Daruz Zikra Medan Tuntungan TA 2019/2020. *Jurnal Usia Dini*, 7(1), 37-37.
- Sutikno, M. S. (2019). *Metode & model-model pembelajaran*. Lombok: Holistica.
- Syahputra, E. (2013). Peningkatan kemampuan spasial siswa melalui penerapan pembelajaran matematika realistik. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 3(3), 353-364.
- Tappeh, Z. S., & Peng, Q. (2021). Simplification and unfolding of 3D mesh models: Review and evaluation. *31st CIRP Design Conference 2021*. Winnipeg.