

IMPLEMENTASI OPENGL (*OPEN GRAPHICS LIBRARY*) UNTUK PEMBUATAN BANGUN DATAR SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN

Agus Gunawan^a, Ahmad Zakki Falani^b,
^{a,b}*Teknik Informatika, Universitas Narotama Surabaya*
^aagushd45@gmail.com ^bzakki_falani@yahoo.com.

ABSTRAK

Penggunaan media belajar sangatlah mempengaruhi seberapa cepat seorang peserta didik dapat menerima sebuah materi yang diberikan oleh para tenaga pendidik. Meskipun demikian, banyak peserta didik masih sering mengeluhkan sulitnya untuk belajar terkait dengan mata pelajaran matematika khususnya pada materi bangun datar. Bangun datar sendiri merupakan cabang ilmu pada matematika yang meliputi segitiga, persegi, persegi panjang, jajar genjang, layang-layang, belah ketupat, lingkaran, balok dan trapesium. Metode penelitian atau langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian yaitu Observasi, Study Literatur, Merancang Sistem, Implementasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Aplikasi sistem pembelajaran bangun datar dapat berjalan sesuai dengan proses bisnis yang sebelumnya sudah di tentukan. Pihak sekolah mengucapkan terimakasih atas inovasi yang telah diimplementasikan pada sekolah dasar yang dimiliki, hal tersebut membantu para siswa dapat lebih cepat memahami terkait materi bangun datar.

Kata Kunci : *Bangun Datar Tiga Dimensi, Grafika Komputer, Objek 3D, OpenGL*

ABSTRACT

The use of learning media affects how quickly a student can receive a material provided by educators. Even so, many students still often complain about learning related to mathematics subjects, especially on flat-shaped materials. Building data itself is a branch of science in mathematics which includes triangles, squares, rectangles, parallelograms, kites, rhombuses, circles, blocks and trapezoids. The research method or steps used in the research are observation, literature study, system design, implementation. The results showed that the flat wake learning system application could run in accordance with the previously determined business processes. The school expresses its gratitude for the innovations that have been implemented in their elementary schools, it helps students understand the related flat-shaped material more quickly.

Keywords : *Three-dimensional Flat Shapes, 3D Objects, Computer Graphics, OpenGL*

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran merupakan sebuah proses interaksi yang terjadi antara tenaga pendidik yang dalam hal ini adalah guru dengan peserta didik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Pembelajaran sendiri juga merupakan sebuah bantuan yang diberikan oleh seorang pendidik kepada peserta didik agar dapat terjadinya proses perolehan ilmu, pengetahuan, penguasaan kemahiran serta dapat terbentuknya sikap dan kepercayaan diri dari peserta didik. Penyampaian pembelajaran yang baik adalah dengan menggunakan media-media yang sesuai

dengan usia tumbuh kembang peserta didik. Selain itu penggunaan media belajar sangatlah mempengaruhi seberapa cepat seorang peserta didik dapat menerima sebuah materi yang diberikan oleh para tenaga pendidik. Meskipun demikian, banyak peserta didik masih sering mengeluhkan sulitnya untuk belajar terkait dengan mata pelajaran matematika khususnya pada materi bangun datar. Bangun datar sendiri merupakan cabang ilmu pada matematika yang meliputi segitiga, persegi, persegi panjang, jajar genjang, layang-layang, belah ketupat, lingkaran, balok dan trapesium. Hal tersebut sering

dikeluhkan oleh para peserta didik karena mempelajari bangun datar masih sangat sulit dan masih kurang begitu menarik (Fauzi & Arisetyawan, 2020).

Hal tersebut juga terjadi pada beberapa sekolah tingkat dasar, dimana sebagian besar siswanya yang mengikuti pelajaran dengan materi bangun datar mengalami kesulitan untuk memahami dan menyerap pelajaran dengan baik. Banyak siswa yang mengeluhkan media pembelajaran yang kurang menarik, sehingga membuat para siswa susah membayangkan bentuk dari bangun-bangun datar yang dipelajari (Hasibuan, 2018).

Dengan memanfaatkan bidang ilmu grafika komputer para tenaga pendidik atau guru dapat memanfaatkan bidang ilmu tersebut untuk membuat sebuah media pembelajaran bangun datar bagi para siswa lebih menarik serta interaktif. Selain itu para tenaga pendidik dapat menggunakan software untuk membuat suatu gambar bidang datar 3 dimensi maupun 2 dimensi menggunakan perangkat lunak OpenGL. Sedangkan untuk pengaplikasian dari pembelajaran ini nantinya akan berupa sebuah aplikasi dalam bentuk dekstop yang dapat dipasang pada setiap komputer yang berada di lab komputer sekolah (Syamsuar & Reflianto, 2019).

Grafika komputer merupakan sebuah teknik dalam bidang ilmu komputer dan matematika yang digunakan untuk mempresentasikan serta memanipulasi data yang berupa gambar menggunakan sebuah komputer. Selain itu grafika komputer merupakan sebuah cara untuk melakukan visualisasi data dalam bentuk gambar 2 dimensi maupun 3 dimensi yang dilengkapi dengan animasi. Grafika komputer hadir sebagai bagian ilmu komputer yang mempelajari metode-metode sintesa dan manipulasi sebuah konten secara digital. Visualisasi informasi dan sains merupakan salah satu fokus yang menjadi penelitian terutama yang berkaitan dengan fenomena-fenomena 3 dimensi dalam bidang arsitektur, meteorologi dan juga pendidikan (Manteaux et al., 2017).

OpenGL (*Open Graphics Library*) merupakan sebuah standar API yang dapat digunakan untuk membuat sebuah aplikasi yang berbasiskan grafis, baik dalam bentuk gambar dua dimensi (2D) maupun tiga dimensi (3D). OpenGL sendiri memiliki sifat sebagai *cross-*

platform atau dapat dijalankan dalam berbagai platform sistem operasi dan berbagai macam bahasa pemrograman sehingga banyak peneliti dan pengembang memanfaatkan *library* OpenGL ini. Selain itu keuntungan dari pendekatan OpenGL sendiri adalah memungkinkan fleksibilitas yang besar dalam proses menghasilkan sebuah gambar. Aplikasi ini memiliki konsep *open-source* atau sumber terbuka untuk kebutuhan *trade-off rendering* kecepatan dan kualitas gambar dengan mengubah langkah-langkah dimana foto tersebut diperoleh (Loseille & Feuillet, 2021).

Bahasa Pemrograman OpenGL

Pada awal mulanya OpenGL merupakan bahasa pemrograman yang didesain untuk digunakan pada bahasa pemrograman C dan juga bahasa pemrograman C++. namun seiring dengan perkembangan waktu dan kebutuhan yang semakin besar akhirnya OpenGL berubah menjadi sebuah *library* yang multi bahasa pemrograman hingga saat ini mampu berjalan pada bahasa pemrograman diluar C dan C++ seperti bahasa pemrograman java, visual basic, delphi serta bahasa pemrograman fortran. Selain itu OpenGL sendiri dapat dikategorikan sebuah antarmuka pemrograman aplikasi (*Application Programming Interface*), dimana konsep seperti ini membuat OpenGL tidak bergantung pada bahasa pemrograman tertentu sehingga dapat pula digunakan untuk *cross-platform* seperti berjalan pada sistem operasi windows, linux dan sistem operasi lainnya (Baek & Kim, 2019).

Pembelajaran Bangun Datar

Pembelajaran bangun datar merupakan salah satu sub bidang dalam ilmu matematika yang mempelajari bangun-bangun datar yang ada di dalamnya seperti persegi panjang, segitiga dan juga trapesium. Dalam proses pembelajaran bangun datar akan banyak hal yang akan digali selama proses pembelajaran itu berlangsung, meliputi banyak hal seperti menentukan sudut dari sebuah bidang datar, pengenalan garis panjang, garis lebar dan garis tinggi serta pengenalan untuk menghitung luas maupun keliling dari sebuah bangun datar. Terdapat banyak hal yang dapat digunakan untuk memvisualisasikan dari bentuk bidang datar seperti halnya menggunakan benda nyata maupun memvisualisasikan menggunakan

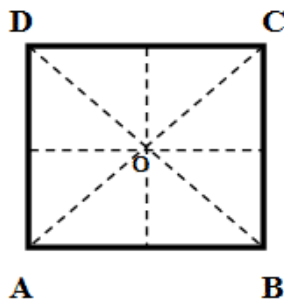
teknologi grafis yang lebih menarik (Qiu et al., 2020).

Macam-Macam Bangun Datar

Adapun beberapa jenis bangun datar yang nantinya akan diberikan oleh tenaga pengajar para siswa, berikut penjelasannya:

1. Persegi

Persegi merupakan sebuah segi empat yang memiliki ketentuan dimana semua sisinya sama panjang, baik sisi panjang dan juga sisi lebar semua besar sudutnya adalah sama besar serta memiliki siku-siku sebesar 90 derajat (Shen et al., 2018).



Gambar 1 Persegi (Perrin et al., 2019)

Selain itu pada bagian diagonal dari bangun datar persegi juga memiliki nilai yang sama. Adapun rumus dasar dari persegi adalah menghitung luasnya dengan menggunakan rumus:

$$\text{Luas} = P \times l$$

Keterangan:

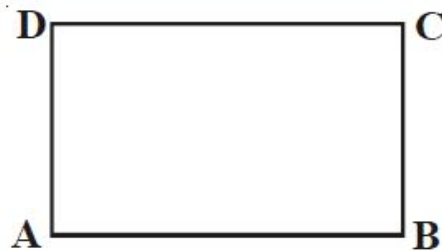
L = Luas.

P = Panjang.

l = luas.

2. Persegi Panjang

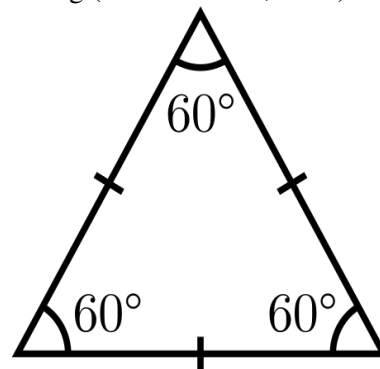
Persegi panjang merupakan sebuah bidang bangun datar dua dimensi yang memiliki sebuah bentuk oleh dua pasang sisi yang masing-masing sama panjang serta sejajar dengan pasangannya. Selain itu pada bidang datar persegi panjang ini merupakan turunan dari segi empat yang mempunyai ciri-ciri khusus yaitu memiliki dua sisi yang sejajar sama panjang dan juga memiliki empat sudut dengan nilai siku-siku sebesar 90 persen (Melczer et al., 2020).



Gambar 2. Persegi Panjang (Gao & Farahani, 2017).

3. Segitiga

Segitiga merupakan salah satu dari bangun datar yang memiliki poligon dengan tiga ujung dan juga memiliki tiga simpul. Bidang segitiga ini merupakan salah satu bentuk dari sebuah dasar dalam geometri. Pada sebuah geometri *Euclidean* dimana pada setiap tiga titik ketika *non-collinear* sangatlah menentukan sebuah segitiga dengan kategori unik. Adapun beberapa macam bidang datar yang termasuk kedalam bangun datar segitiga antara lain adalah segitiga sama sisi, segitiga siku-siku dan juga jenis segitiga sembarang (Maknun et al., 2019).



Gambar 3. Segitiga Sama Sisi (Bohman & Keevash, 2021).

Fungsi dan Kegunaan Pembelajaran Bangun Datar

Terdapat beberapa manfaat bagi para siswa saat mempelajari materi dari bangun datar itu sendiri, baik dalam penerapan kehidupan sehari-hari maupun untuk jenjang pendidikan yang lebih tinggi. Pada kehidupan sehari-hari penerapan dari pembelajaran bangun datar ini sangatlah luas aspeknya, mulai dari menganalogikannya untuk mengukur sebuah luas tanah, wilayah bentuk dari sebuah benda yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Sedangkan pada pendidikan yang lebih tinggi penerapan dari pembelajaran bangun datar ini sangat penting digunakan pada fokus bidang keilmuan komputer dan juga arsitek maupun sipil atau rancang bangun untuk menentukan suatu skala pada gambar (Rahayu & Hidayati, 2018)

2. METODE PENELITIAN

Perancangan Sistem

Pada tahapan perancangan sistem ini nantinya akan dilakukan dalam dua tahapan yaitu tahapan untuk pembuatan objek bangun datar 3D menggunakan OpenGL dan juga bagian yang digunakan untuk pembuatan *mockup* dari aplikasi yang nantinya akan dibuat selama penelitian tugas akhir ini.

Pembuatan Objek 3D

Pada tahap ini secara umum proses untuk menghasilkan visualisasi dan animasi tiga dimensi (3D) dari suatu kasus simulasi adalah dengan cara membangun model obyek tiga dimensi 3D di sebuah *software* tiga dimensi 3D authoring, menganimasikan menggunakan metode *Keyframe* atau *Motion Capture* sesuai data atau parameter simulasi yang ada, merender menjadi gambar atau video.

Usulan sistem yang akan dibuat adalah menghilangkan proses animasi manual serta proses *rendering* yang memakan waktu yang lama, dengan memanfaatkan teknologi real time rendering. Dengan begitu membuat kerja dari perangkat akan lebih maksimal dengan hasil yang lebih berkualitas. Sistem visualisasi tiga dimensi real time didesain sebagai sistem modular yang bertujuan untuk mengoptimalkan proses visual sehingga dengan mudah bisa ditambah atau dikurangi fitur dan obyeknya sesuai kebutuhan.

Layout

Pada tahapan *layout* aplikasi ini digunakan untuk merancang tampilan dari aplikasi pembelajaran bangun datar yang nantinya akan diimplementasikan pada sekolah SD Putra Harapan Bangsa Surabaya. Selain itu pembuatan layout disini bertujuan agar pada proses membuat aplikasi nantinya dapat mendapatkan hasil yang sesuai dengan kebutuhan yang sesuai dengan data hasil observasi yang sebelumnya telah dilakukan.

Implementasi

Pada tahapan implementasi ini akan dibagi dalam tiga bagian yaitu tahapan pembuatan program atau coding, melakukan ujicoba atau testing dan juga tahapan evaluasi.

a. Coding

Pada tahap ini akan dilakukan sebuah proses pembuatan program dari aplikasi yang nantinya akan digunakan untuk membantu pembelajaran bangun datar. Tahapan ini akan mengimplementasikan *mockup* yang sudah dibuat sebelumnya menggunakan program yang nantinya dapat menghasilkan aplikasi yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran bangun datar bagi para siswa di sekolah SD Putra Harapan Bangsa Surabaya.

b. Testing

Pada tahap ini akan dilakukan proses pengujian dari keseluruhan sistem yang ada di aplikasi pembelajaran bangun datar yang telah dibuat sebelumnya. Pada bagian ini pula nantinya digunakan untuk mengetahui sejauh mana aplikasi yang sudah dibuat mampu bekerja secara optimal. Selain itu proses *testing* ini bertujuan untuk mendeteksi *error* serta memperbaiki bangun datar dalam aplikasi sebelum nantinya akan digunakan.

c. Evaluasi

Pada tahap ini merupakan proses dimana mengevaluasi aplikasi yang sudah dibuat sebelumnya. Dimana proses evaluasi nantinya akan meliputi penilaian dari setiap bagian sistem yang ada di aplikasi, mulai dari segi tampilan *user interface* dan juga dari segi fungsional. Jika terjadi kekerungan maka akan segera dilakukan perbaikan agar nantinya sistem dapat digunakan untuk proses pembelajaran serta mampu mengatasi masalah yang sebelumnya terjadi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap awal adalah bagian penempatan struktur program dari library yang nantinya akan digunakan selama pengembangan. Berikut adalah programnya

```
1 #ifndef _APPLE_
2 #include <GLUT/glut.h>
3 #else
4 #include <GL/glut.h>
5 #endif
6 #include <iostream>
7 #include <windows.h>
8 #include <math.h>
9 |
10 #define SEGITIGA 1
11 #define PERSEGI 2
12 #define PERSEGIPANJANG 3
13 #define JAJARGENJANG 4
14 #define TRAPESIUM 5
15 #define LAYANG 6
16 #define BELAHKETUPAT 7
17 #define LINGKARAN 8
18 #define TABUNG 9
19 #define BALOK 10
20
21 #define PUTAROTOMATIS 100
22 #define PUTARMANUAL 101
23
24 using namespace std;
25
```

Gambar 1 Program Inisialisasi Library

Pada gambar program 1 di atas merupakan bagian yang digunakan untuk mendefinisikan library yang akan digunakan. *Library* yang digunakan pada pengembangan aplikasi ini adalah menggunakan library OpenGL dengan diikuti library bawahan dari bahasa pemrograman C++ itu sendiri. Selain itu pula pada pengembangan aplikasi ini akan menggunakan *library* “math.h” yang digunakan untuk mempermudah nantinya proses yang berhubungan dengan perhitungan matematika. Selanjutnya pada bagian selanjutnya adalah digunakan untuk mendefinisikan nama-nama variabel yang akan digunakan pada proses selanjutnya. Kemudian pada tahap selanjutnya adalah bagian yang digunakan untuk melakukan pembuatan fungsi garis titik sumbu pada setiap bangun datar yang akan dibuat.

Berikut merupakan program yang akan digunakan:

```
35 void segitiga() {
36     glVertex3f( 0.0 + X, 1.0 + Y, Z);
37     glVertex3f( 1.5 + X, -1.0 + Y, Z);
38     glVertex3f(-1.5 + X, -1.0 + Y, Z);
39     glVertex3f( 0.0 + X, 1.0 + Y, Z);
40 }
41
42 void persegi() {
43     glVertex3f(-1.0 + X, 1.0 + Y, Z);
44     glVertex3f( 1.0 + X, 1.0 + Y, Z);
45     glVertex3f( 1.0 + X, -1.0 + Y, Z);
46     glVertex3f(-1.0 + X, -1.0 + Y, Z);
47     glVertex3f(-1.0 + X, 1.0 + Y, Z);
48 }
49
50 void persegiPanjang() {
51     glVertex3f(-1.5 + X, 1.0 + Y, Z);
52     glVertex3f( 1.5 + X, 1.0 + Y, Z);
53     glVertex3f( 1.5 + X, -1.0 + Y, Z);
54     glVertex3f(-1.5 + X, -1.0 + Y, Z);
55     glVertex3f(-1.5 + X, 1.0 + Y, Z);
56 }
57
58 void jajargenjang() {
59     glVertex3f(-1.0 + X, 1.0 + Y, Z);
60     glVertex3f( 1.5 + X, 1.0 + Y, Z);
61     glVertex3f( 1.0 + X, -1.0 + Y, Z);
62     glVertex3f(-1.5 + X, -1.0 + Y, Z);
63     glVertex3f(-1.0 + X, 1.0 + Y, Z);
64 }
65
```

Gambar 2. Fungsi Garis Sumbu

Pada gambar 2 di atas merupakan sebuah fungsi yang digunakan untuk membuat garis sumbu pada setiap bangun datar. Dimana fungsi ini nantinya akan dipanggil dengan fungsi-fungsi yang lainnya agar proses pengembangan akan lebih efisien. Pada tahapan selanjutnya adalah bagian yang digunakan untuk membuat fungsi dari bangun datar kubus, berikut adalah potongan programnya:

```
90 void kubus(GLfloat posX, GLfloat posY, GLfloat posZ, GLfloat panjang, GLfloat lebar, GLfloat tinggi) {
91     //sisi bawah
92     glBegin(GL_LINE_LOOP);
93     glVertex3f(posX, posY, posZ);
94     glVertex3f(posX + panjang, posY, posZ);
95     glVertex3f(posX + panjang, posY, posZ - lebar);
96     glVertex3f(posX, posY, posZ - lebar);
97     glEnd();
98
99     //sisi atas
100    glBegin(GL_LINE_LOOP);
101    glVertex3f(posX, posY + tinggi, posZ);
102    glVertex3f(posX + panjang, posY + tinggi, posZ);
103    glVertex3f(posX + panjang, posY + tinggi, posZ - lebar);
104    glVertex3f(posX, posY + tinggi, posZ - lebar);
105    glEnd();
106
```

Gambar 3 Fungsi Kubus

Pada program 3 di atas menunjukkan bahwa proses pembuatan koordinat dari bangun datar kubus,. Dikarenakan bangun datar tersebut memiliki banyak sisi, masing-masing sisinya mulai dari sisi bagian bawah, atas, samping kanan dan juga samping kiri akan diinisialisasikan dengan parameter-parameter yang berbeda. Hal tersebut ditujukan untuk membuat ilustrasi bangun datar tersebut menjadi lebih mudah dimengerti. Selanjutnya adalah proses melakukan rendering program yang sudah dibuat kedalam

bentuk bangun data menggunakan library OpenGL, berikut adalah potongan programnya:

```
180 void renderLayer(void) {
181     glClearColor(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
182
183     glLoadIdentity();
184
185     gluLookAt(
186         0.0f, 0.0f, 12.0f, // eyeX, Y, Z
187         0.0f, 0.0f, 0.0f, // centerX, Y, Z
188         0.0f, 1.0f, 0.0f // upX, Y, Z
189     );
190
191     // rotasi bangun berdasarkan sumbu Y
192     if (rotasiY)
193         glRotatef(angle, 0.0f, 0.01f, 0.0f);
194     else
195         glRotatef(angle, 0.1f, 0.00f, 0.0f);
196
197     // memberi warna pada bangun
198     glColor3f(red, green, blue);
199 }
```

Gambar 4. Rendering Layar

Pada potongan program 4 diatas merupakan bagian yang digunakan untuk melakukan rendering bangun datar kedalam bentuk visual. Selain itu diberikan pula pewarnaan dengan warna dasar yaitu RGB (*Red, Green, Blue*) untuk lebih memperjelas dari segi *user interfacenya*. Kemudian perlu juga dibuatkan sebuah menu agar lebih memudahkan, berikut merupakan program yang digunakan untuk membuat menu:

```
200 if (pilihMenu > 0 && pilihMenu < 9) {
201     glBegin(GL_TRIANGLE_FAN);
202 }
203
204 if (pilihMenu == SEGITIGA){
205     segitiga();
206 } else if (pilihMenu == PERSEGI){
207     persegi();
208 } else if (pilihMenu == PERSEGIPANJANG) {
209     persegiPanjang();
210 } else if (pilihMenu == JAJARGENJANG) {
211     jajargenjang();
212 } else if (pilihMenu == TRAPESIUM) {
213     trapesium();
214 } else if (pilihMenu == BELAHKETUPAT) {
215     belahketupat();
216 } else if (pilihMenu == LAYANG) {
217     layang();
218 } else if (pilihMenu == LINGKARAN) {
219     lingkaran();
220 } else if (pilihMenu == BALOK) {
221     kubus(-2.0, -1.0, 1.0, 4.0, 2.0, 2.0);
222 } else if (pilihMenu == TABUNG) {
223     tabung(0.0, -2.0, 0.0, 2.0, 2.0, 4.0, 6, 1);
224 }
225
226 if (pilihMenu > 0 && pilihMenu < 9) {
227     glEnd();
228 }
```

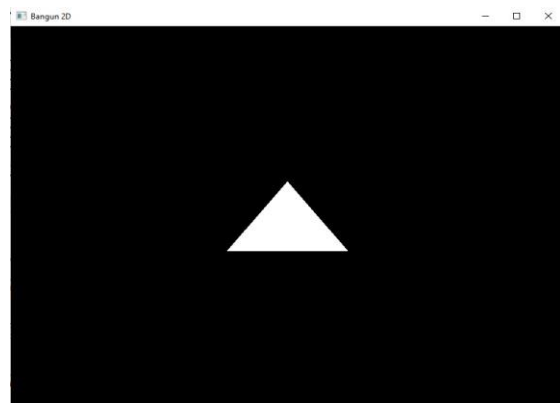
Gambar 5. Pembuatan Menu

Pada gambar 5 diatas merupakan program yang digunakan untuk membuat menu pada aplikasi pembelajaran bangun datar ini. Hal tersebut difungsikan agar pengguna nantinya dapat berinteraksi dengan mudah dengan aplikasi yang

digunakan, sehingga proses pembelajaran dapat berjalan dengan baik.

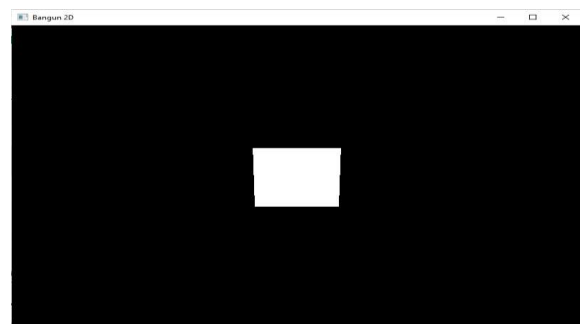
Tampilan Bangun Datar

Berikut merupakan hasil dari proses pembuatan aplikasi pembelajaran bangun datar yang nantinya akan diterapkan kepada para siswa sekolah menengah pertama:

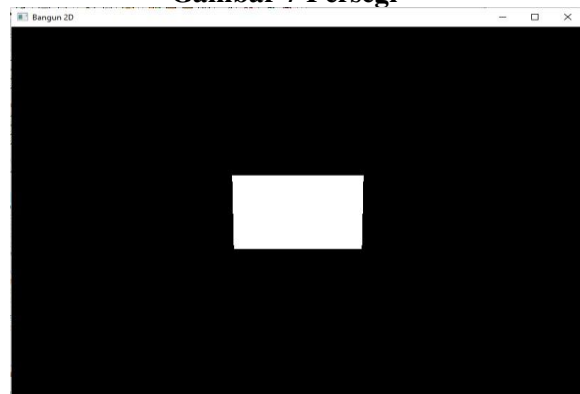


Gambar 6 Segitiga

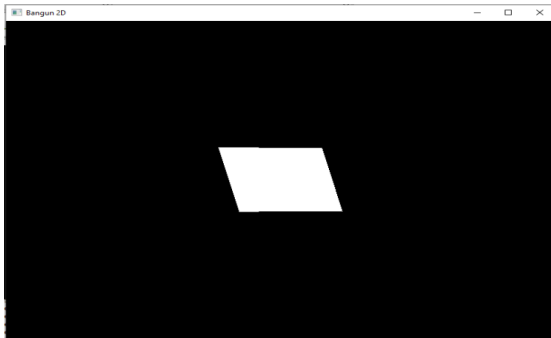
Pada gambar 6 diatas merupakan hasil pembuatan bangun datar segitiga dengan *background* berwarna hitam.



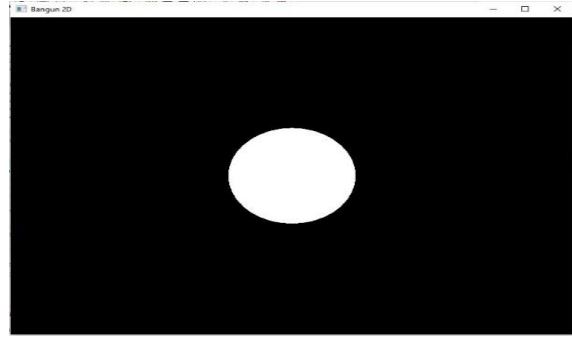
Gambar 7 Persegi



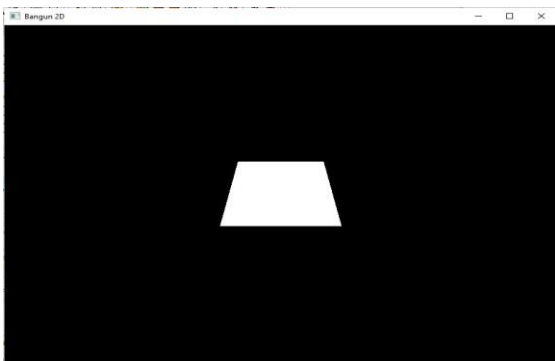
Gambar 8. Persegi Panjang



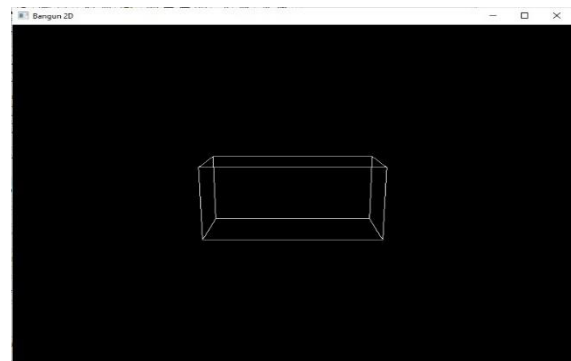
Gambar 9 Jajar Genjang



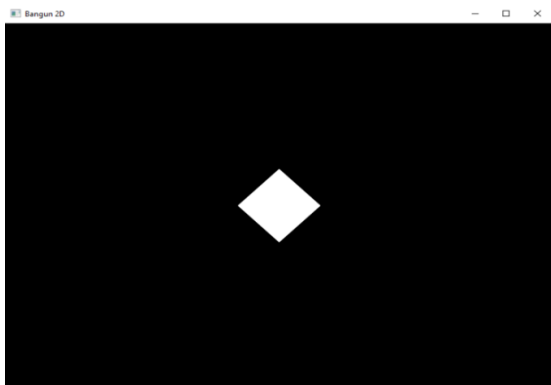
Gambar 13. Lingkaran



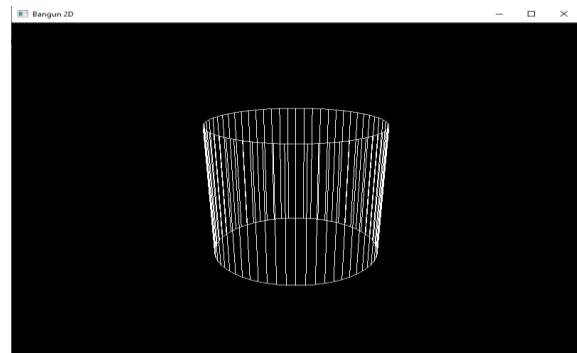
Gambar 10 Trapesium



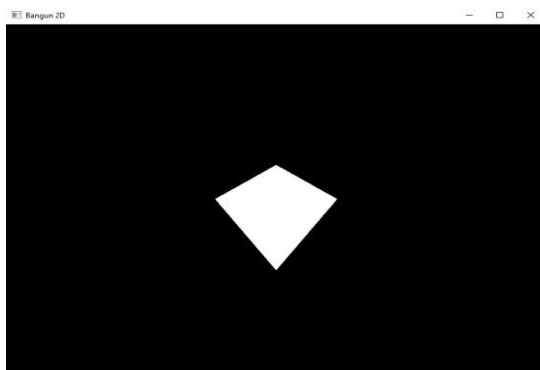
Gambar 14. Balok



Gambar 11 Belah Ketupat



Gambar 15. Tabung



Gambar 12. Layang

Pada gambar 6-15 di atas merupakan proses pembuatan program yang berhasil menghasilkan sebuah keluaran gambar bangun datar. Gambar-gambar bangun datar tersebut nantinya akan digunakan sebagai media untuk mempermudah pembelajaran bagi para siswa agar dapat lebih tertarik dan juga memahami terkait dengan konsep bangun datar lebih mendalam.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada sistem yang telah dibuat pada penelitian kali ini maka dapat diambil

kesimpulan bahwa aplikasi sistem pembelajaran bangun datar dapat berjalan sesuai dengan proses bisnis yang sebelumnya sudah di tentukan dan hasil dari proses pembuatan aplikasi pembelajaran bangun datar yang nantinya akan diterapkan kepada para siswa sekolah menengah pertama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baek, N., & Kim, K. J. (2019). Prototype Implementation Of The Opengl ES 2.0 Shading Language Offline Compiler. *Cluster Computing*, 22(1), 943–948. <https://doi.org/10.1007/s10586-017-1113-z>
- [2] Bohman, T., & Keevash, P. (2021). Dynamic Concentration Of The Triangle-Free Process. *Random Structures & Algorithms*, 58(2), 221–293. <https://doi.org/10.1002/rsa.20973>
- [3] Fauzi, I., & Arisetyawan, A. (2020). Analisis Kesulitan Belajar Siswa Pada Materi Geometri Di Sekolah Dasar. *Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 11(1), 27–35. <https://doi.org/10.15294/kreano.v11i1.20726>
- [4] Gao, W., & Farahani, M. R. (2017). The Zagreb Topological Indices For A Type Of Benzenoid Systems Jagged-Rectangle. *Journal Of Interdisciplinary Mathematics*, 20(5), 1341–1348. <https://doi.org/10.1080/09720502.2016.1232037>
- [5] Guznenkov, V. N., & Zhurbenko, P. A. (2018). The Academic Discipline “Computer Graphics” For The Open Education System. *2018 IV International Conference On Information Technologies In Engineering Education (Inforino)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/INFORINO.2018.8581738>
- [6] Hasibuan, E. K. (2018). Analisis Kesulitan Belajar Matematika Siswa Pada Pokok Bahasan Bangun Ruang Sisi Datar Di Smp Negeri 12 Bandung. *AXIOM: Jurnal Pendidikan Dan Matematika*, 7(1), 1-8, Article 1. <https://doi.org/10.30821/axiom.v7i1.1766>
- [7] Hodgkinson, B., Lutteroth, C., & Wünsche, B. (2016). glGetFeedback—Towards Automatic Feedback And Assessment For Opengl 3D Modelling Assignments. *2016 International Conference on Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IVCNZ.2016.7804418>
- [8] Lin, M.-H., Chen, H., & Liu, kuang-S. (2017). A Study Of The Effects Of Digital Learning On Learning Motivation And Learning Outcome. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3553–3564. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00744a>
- [9] Loseille, A., & Feuillet, R. (2021). Vizir: High-Order Mesh And Solution Visualization Using Opengl 4.0 Graphic Pipeline. In *2018 AIAA Aerospace Sciences Meeting*. American Institute of Aeronautics and Astronautics. <https://doi.org/10.2514/6.2018-1174>
- [10] Maknun, C. L., Rosjanuardi, R., & Jupri, A. (2019). From Ratios Of Right Triangle To Unit Circle: An Introduction To Trigonometric Functions. *Journal of Physics: Conference Series*, 11(2), 1-8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022124>
- [11] Manteaux, P.-L., Wojtan, C., Narain, R., Redon, S., Faure, F., & Cani, M.-P. (2017). Adaptive Physically Based Models In Computer Graphics. *Computer Graphics Forum*, 36(6), 312–337. <https://doi.org/10.1111/cgf.12941>
- [12] Melczer, S., Panova, G., & Pemantle, R. (2020). Counting Partitions Inside A Rectangle. *SIAM Journal on Discrete Mathematics*, 34(4), 2388–2410. <https://doi.org/10.1137/20M1315828>
- [13] Perrin, Y., Canals, B., & Rougemaille, N. (2019). Quasidegenerate Ice Manifold In A Purely Two-Dimensional Square Array Of Nanomagnets. *Physical Review B*, 10(2), 1-11. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.99.224434>

- [14]Putra, A. S., Santoso, L. W., & Palit, H. N. (2016). Pembelajaran Interaktif Bangun Ruang Dan Bangun Datar Untuk Sekolah Menengah Pertama (SMP) Berbasis Android. *Jurnal Infra*, 4(2), 68–75.
- [15]Qiu, L., Deng, K., Abu-Siada, A., Xiong, Q., Yi, N., Fan, Y., Tian, J., & Jiang, J. (2020). Construction And Analysis Of Two-Dimensional Axisymmetric Model Of Electromagnetic Tube Bulging With Field Shaper. *IEEE Access*, 8, 113713–113719.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3003740>
- [16]Rahayu, S., & Hidayati, W. N. (2018). Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Melalui Penggunaan Media Bangun Ruang Dan Bangun Datar Pada Siswa Kelas V Sdn Jomin Barat I Kecamatan Kotabaru Kabupaten Karawang. *JPSd (Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar)*, 4(2), 204–215.
<https://doi.org/10.30870/jpsd.v4i2.3854>
- [17]Riyadi, A. S. (2016). Implementasi Open Gl32 Untuk Memanipulasi Gambar Segitiga Dan Segiempat. *Komputer Teknologi Informasi*, 1(1), Article 1.
<http://lppm.upiypk.ac.id/komtekinfo/index.php/KOMTEKINFO/article/view/2>
- [18]Rohman, A. (2018). *Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android Dengan Program Adobe Flash Cs 5.5 Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa Smp Kelas Viii*[Skripsi, Universitas Mercu Buana Yogyakarta]. <http://eprints.mercubuana-yogya.ac.id/3363/>
- [19]Shen, X., Mao, W., Ma, Y., Xu, D., Wu, P., Terasaki, O., Han, L., & Che, S. (2018). A Hierarchical MFI Zeolite With A Two-Dimensional Square Mesosstructure. *Angewandte Chemie*, 130(3), 732–736.
<https://doi.org/10.1002/ange.201710748>
- [20]Syamsuar, S., & Reflianto, R. (2019). Pendidikan Dan Tantangan Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi Di Era Revolusi Industri 4.0. *E-Tech : Jurnal Ilmiah Teknologi Pendidikan*, 6(2), Article 2.
<https://doi.org/10.24036/et.v2i2.101343>