

# Optimasi Aset dan Karakter Permainan 3D Berbasis Tematik Sekolah Dasar

Deka Aldi Tri B.P, Anang Kukuh A<sup>a\*</sup>, Noven Indra Prasetya,  
Program Studi Informatika, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya  
E-mail: dekaaldi9@gmail.com, anang65@uwks.ac.id, noven@uwks.ac.id

**Abstrak**— Pembelajaran tematik merupakan pembelajaran terpadu yang menggunakan tema sebagai pokok pikiran atau gagasan pokok pembicaraan dengan mengaitkan beberapa mata pelajaran, sehingga dapat memberikan pengalaman bermakna kepada siswa. Penelitian ini menggunakan buku Tematik Sekolah Dasar Kelas 3 sebagai referensi untuk merancang repository aset dan karakter permainan 3D dengan berfokus pada hal optimasi karakter dan objek 3D menggunakan metode vertex decimation untuk membuat sebuah permainan dapat berjalan lebih baik. Vertex pada aset dan karakter 3D pada penelitian ini sebelum di optimasi berjumlah 584,154 vertex untuk karakter udin, dan 29,074 untuk karakter meli, lalu untuk beberapa aset 3D objek terdiri dari meja, kursi, lemari dan pensil memiliki jumlah total 69,654 vertex. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah vertex pada karakter udin setelah di optimasi berjumlah 418,175 dan 20,473 vertex untuk karakter meli, lalu untuk aset objek 3D setelah di optimasi didapatkan jumlah vertex sebanyak 36,070, setelah semua komponen utama aset dan karakter 3D di total didapatkan, hasil jumlah perbedaan sebesar 26,7% dengan hasil dari optimasi vertex decimation tersebut tidak mengurangi tingkat detail pada objek dan karakter terlalu besar.

**Kata Kunci**— Optimasi, Aset, Karakter 3D, Permainan

## I. PENDAHULUAN

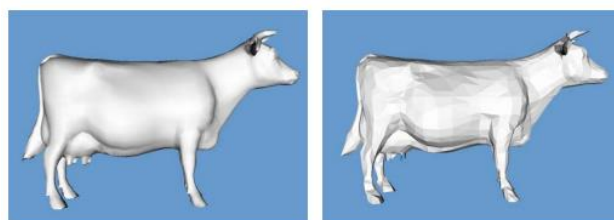
Pembelajaran tematik merupakan pembelajaran terpadu yang menggunakan tema sebagai pokok pikiran atau gagasan pokok pembicaraan dengan mengaitkan beberapa mata pelajaran, sehingga dapat memberikan pengalaman bermakna kepada siswa[1]. Dalam pembelajaran tematik yang berusaha membuat siswa lebih aktif, membutuhkan model pembelajaran yang interaktif juga, bahkan menggunakan alat peraga dan berinteraksi dengan lingkungan sekitar.[2]

Sebuah permainan terdapat bagian terpenting dalam sebuah game yaitu karakter, dengan hadirnya karakter permainan menjadi lebih hidup dan lebih mudah dipahami. Karakter dalam permainan memiliki peranan untuk menghubungkan pemain dengan game yang dimainkan.

Namun dalam permainan yang mengusung konsep 3D dapat membebani penggunaan memori pada komputer jauh lebih besar dibandingkan dengan permainan yang mengusung konsep 2D, dengan demikian dimaksudkan untuk dilakukan optimasi pada objek 3D untuk membuat kinerja memori pada komputer lebih ringan. Sebuah model 3D yang kompleks dan memiliki detail yang rumit menjadi kendala dalam proses merender objek tersebut, sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama. Dengan ini dibutuhkan penyederhanaan model 3D yang lebih sederhana dan tidak membutuhkan lebih banyak waktu untuk merender objek tersebut.

Studi kasus penelitian ini digunakannya Buku Tematik Sekolah Dasar Kelas 3 Tema 3, dimana dalam buku tersebut ada karakter, objek dan *environment* yang akan di optimasi yaitu Udin, Meli, Meja, Kursi, lemari dan Pensil. sehingga materi tematik yang di masukan ke dalam bentuk permainan diharapkan dapat berjalan normal dan tidak mengurangi performa permainan sehingga membuat siswa dapat memahami materi yang disampaikan oleh guru secara optimal

Dalam proses penyederhanaan model 3D pada penelitian ini digunakannya sebuah metode optimasi *vertex decimation*, metode optimasi tersebut telah banyak digunakan karena kesederhaan dan kemampuannya untuk melakukan optimasi pada objek 3D tanpa harus menghilangkan banyak detail pada objek tersebut dimana pada metode optimasi *vertex decimation* tersebut berjalan dengan mencari 3 titik *vertex* yang membentuk segitiga, lalu menghapus *vertex*, lalu di munculkan *face* baru dari garis yang berdekatan dengan *vertex* sebelumnya[3]. Pada sebuah penelitian yang telah dilakukan oleh “Michael” [4] dimana penelitian tersebut memiliki sedikit kesamaan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode *vertex decimation* sebagai metode penyederhanaan 3D model. Hasil penelitian tersebut menunjukan pada Gambar 1 model 3D sapi sebelum optimasi memiliki jumlah *vertex* 5804, setelah itu dioptimasi menghasilkan jumlah *vertex* menjadi 3514.



Gambar 1. Objek 3D sapi original dan sesudah optimasi

Naskah Masuk : 23 Juli 2021

Naskah Direvisi : 01 Februari 2022

Naskah Diterima : 15 Maret 2022

\*Corresponding Author : anang65@uwks.ac.id



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Tematik merupakan model pembelajaran terpadu yang menggunakan pendekatan tematik sebagai pemadu bahan dan kegiatan pembelajaran[5]. Pendekatan ini dimulai dengan menentukan tema, yang kemudian di kembangkan menjadi subtema, dengan memperhatikan keterkaitannya dengan mata pelajaran yang terkait

Blender adalah perangkat lunak *Open Source* grafika komputer 3D. Perangkat lunak ini digunakan untuk membuat film animasi, efek visual, model cetak 3D, aplikasi 3D interaktif dan permainan video. Blender memiliki beberapa fitur termasuk pemodelan 3D, penteksturan, penyunting gambar bitmap, penulangan, simulasi cairan dan asap, simulasi partikel, animasi, penyunting video, pemahat digital, dan rendering.

2 dimensi (2D) adalah sebuah generasi gambar digital (digital image) berbasis komputer, yang kebanyakan mengambil objek-objek dua dimensi (2D). Model grafik 2D merupakan kombinasi dari model geometri (juga disebut sebagai grafik vektor), gambar digital (*raster graphics*)[6]

3 dimensi (3D) adalah sebuah objek / ruang yang memiliki panjang, lebar dan tinggi yang memiliki bentuk. 3D tidak hanya digunakan dalam matematika dan fisika saja melainkan dibidang grafis, seni, animasi, komputer dan lain - lain. Konsep tiga dimensi atau 3D menunjukkan sebuah objek atau ruang memiliki tiga dimensi geometris yang terdiri dari: kedalaman, lebar dan tinggi[7]. Suatu objek rangka 3D apabila disinari dari arah tertentu akan membentuk bayang pada permukaan gambar

Karakteristik 3D, mengacu pada tiga dimensi spasial, bahwa 3D menunjukkan suatu titik koordinat Cartesian X, Y dan Z. Penggunaan istilah 3D ini dapat digunakan di berbagai bidang dan sering dikaitkan dengan hal-hal lain seperti spesifikasi kualitatif tambahan (misalnya: grafis tiga dimensi, 3D video, film 3D, kacamata 3D, suara 3D)[7].

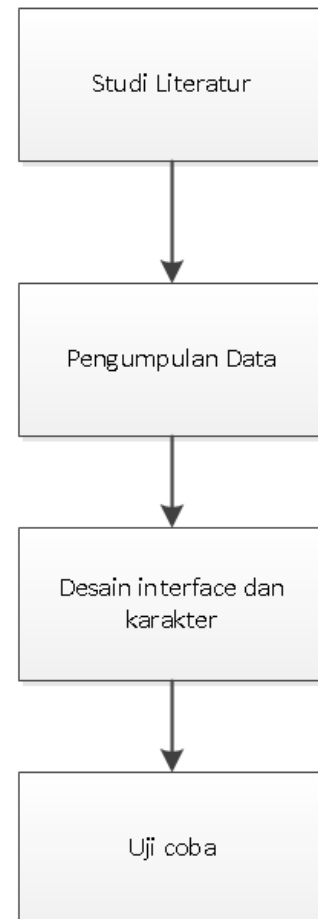
*Environment* merupakan salah satu unsur penting dalam animasi dan permainan 3D maupun 2D [8]. *environment* adalah semua aspek yang membentuk dunia dimana karakter akan tampil dalam sebuah animasi dimana karakter tersebut hidup, bergerak dan berinteraksi dengan elemen-elemen animasi yang lain.

Metode optimasi 3D model yang ada sampai saat ini antara lain adalah metode penyederhanaan manual, dimana seorang desainer melakukan penyederhanaan secara manual [9]. *Vertex Decimation* telah banyak digunakan karena memiliki kombinasi fitur yang diinginkan seperti kompleksitas waktu, kecepatan render, kesederhanaan optimasi dan kemampuan untuk mengurangi jumlah *vertex* yang besar [10]. Selain itu, model penyederhanaan tersebut juga dapat memperthankan frekuensi tinggi seperti sudut tepi dan ujung dan menciptakan *mesh* baru yang simpulnya merupakan *subset* dari himpunan simpul asli.

Model multiresolusi tradisional terdiri dari sekumpulan *vertex* dan sekumpulan *face* yang tetap. Karena model tersebut merepresentasikan suatu objek dalam sebuah resolusi yang tetap[9]. Model dari sebuah ojek dengan tambahan informasi sedimikian rupa dapat menghasilkan model dengan jangkauan resolusi yang cukup besar. Tujuan utama dari penyederhanaan adalah untuk menghasilkan model yang semirip mungkin dengan objek aslinya.

## III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan tinjauan pustaka, informasi yang disampaikan pada jurnal ini tetap relevan dengan area bidang penelitian yang spesifik. Tahapan alur penelitian yang akan dilakukan untuk optimasi aset dan karakter permainan 3D berbasis tematik sekolah dasar adalah seperti Gambar 2



Gambar 2. Alur penelitian

### A. Studi Literatur

Pada tahap bagian studi literatur mencakup teori dasar dan kajian berdasarkan penelitian sejenis yang telah terpublikasi di jurnal bereputasi, fokus dalam penelitian ini yaitu optimasi aset dan karakter permainan 3D

### B. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data yang dilakukan adalah mengumpulkan sumber informasi dari berbagai penelitian dalam bentuk tertulis yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, baik data penelitian yang telah dipublikasikan maupun belum dipublikasikan.

TABEL I  
PENELITIAN TERDAHULU

No	Deskripsi Jurnal	Pembahasan
1	<p><b>Judul Penelitian :</b> Mesh Decimation using VTK</p> <p><b>Tahun Publikasi :</b> 2002</p> <p><b>Nama Peneliti :</b> Michael Knapp</p>	<p><b>Hasil Penelitian :</b> Penelitian ini menggunakan tools <i>VTXDecimate</i> untuk menghapus <i>vertex</i> namun pada penelitian tersebut terdapat kekurangan yaitu terjadi <i>bug</i> dalam penggunaan tools <i>VTXDecimate</i> dimana beberapa titik <i>face</i> pada objek 3D tidak dapat direproduksi sehingga terlihat ada lubang pada objek 3D tersebut</p>
2	<p><b>Judul Penelitian :</b> Penyederhanaan Model 3D Dengan Metode Quadric-Based</p> <p><b>Tahun Publikasi :</b> 2003</p> <p><b>Nama Peneliti :</b> Setiawan</p>	<p><b>Hasil Penelitian :</b> Penelitian ini berjalan normal pada objek 3D dengan <i>face</i> awal 5804 menjadi 100 <i>face</i>, namun pada metode optimasi yang digunakan memiliki kekurangan yaitu, tidak dapat melakukan optimasi pada objek 3D yang memiliki ratusan ribu <i>face</i> karena keterbatasan memori dan waktu yang terlalu lama, karna metode ini hanya melakukan satu konstruksi untuk setiap iterasinya</p>
3	<p><b>Judul Penelitian :</b> Optimize 3D Graphic for Culture Game By using Polygon Reduction</p> <p><b>Tahun Publikasi :</b> 2015</p> <p><b>Nama Peneliti :</b> ANANG KUKUH A.</p>	<p><b>Hasil Penelitian :</b> Hasil penelitian ini menunjukan algoritma <i>polygon reduction</i> dapat meningkatkan FPS permainan pada device mobile menjadi 21 FPS dengan perbandingan FPS sebelum di optimasi mendapatkan 5 FPS pada device yang sama</p>

### C. Desain interface dan karakter

Pada tahap ini mulai melakukan pembuatan desain *interface* dan karakter, untuk proses pembuatan aset yang akan dikerjakan nantinya. Bahan-bahan tersebut, antara lain Buku tematik kelas 3 SD Buku tematik yang digunakan pada penelitian ini diambil dari buku kelas 3 SD pada tema 3 sub tema 1 dengan judul “Aneka Benda di Sekitarku” edisi tahun 2018. [1] karakter yang akan dimunculkan dalam buku tematik kelas 3 tema 3 ini adalah : Meli, Udin, Beni, Dayu, Lani, Siti, dan Edo, seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. karakter siswa pada buku tematik

Desain 3D objek benda diambil dari buku tematik ini terdapat 5 objek benda yang terlihat seperti pada Gambar 4. yaitu, lemari, kursi, pensil, meja dan tempat pensil.



Gambar 4. objek benda pada buku tematik

*Environment* lingkungan atau *environment* adalah kombinasi antara kondisi fisik yang mencakup keadaan sumber daya alam seperti tanah, air, energi surya, mineral, serta flora dan fauna yang tumbuh di atas tanah maupun di dalam lautan, dengan kelembagaan yang meliputi ciptaan manusia seperti keputusan bagaimana menggunakan lingkungan. *Environment* permainan tematik diambil berdasarkan sumber pada buku tematik kelas 3 tema 3 yang terdiri dari pasar, hutan, ruang kelas, dan lapangan basket seperti yang terlihat pada Gambar 5 dan Gambar 6



Gambar 5. environment pasar dan hutan



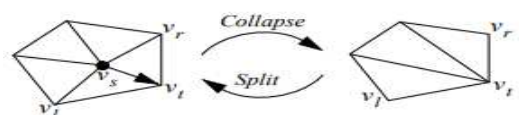
Gambar 6. Environment Ruang Kelas dan Lapangan Basket

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan optimasi menggunakan *software tools* Blender 3D dengan bahasa pemrograman python untuk menghapus *vertex* pada 3D objek. Langkah detail dari pengujian ini bisa terlihat sebagai berikut :

- Algoritma *Vertex decimation* diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman python pada blender
- Data *vertex* di kumpulan pada *array*
- Hasil dari pengurangan *vertex* pada objek di simpan pada *array*
- Data objek lalu di bandingkan dengan sebelum di optimasi menggunakan *vertex decimation* dan sesudah menggunakan *vertex decimation*

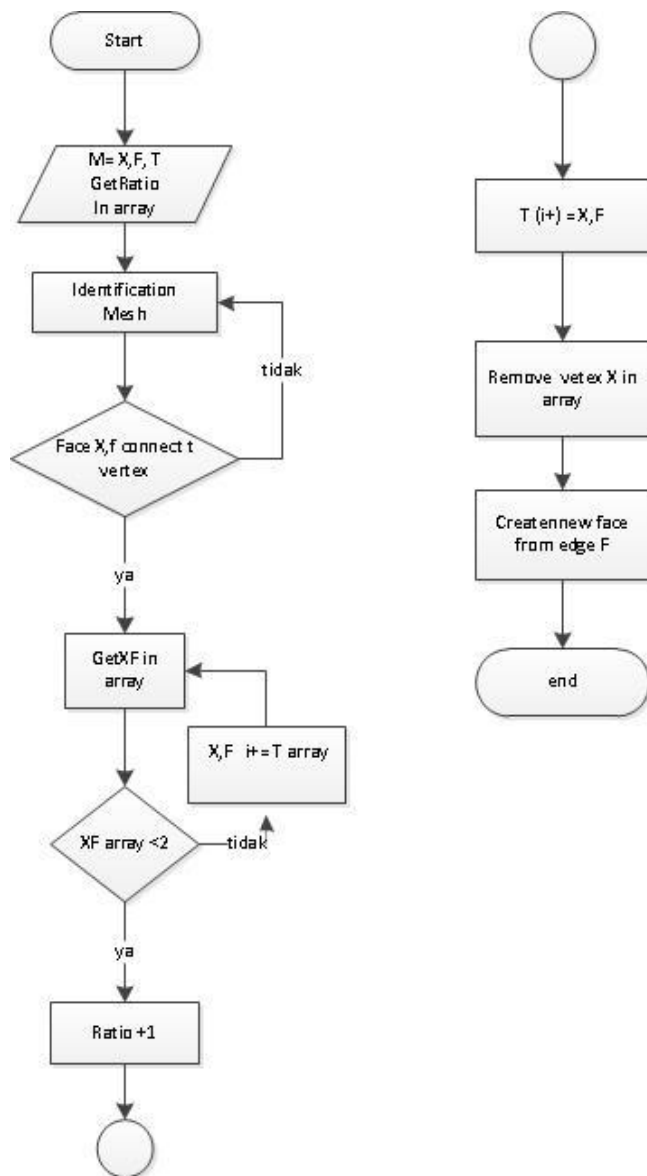
Metode yang diterapkan pada penelitian optimasi aset karakter 3D menggunakan metode *vertex decimation*, di mana sebuah *vertex* dihapus, semua *face* yang berbatasan dengan *vertex* tersebut dihapus, kemudian daerah tersebut diretriangulasi. Proses ini diulang terus – menerus hingga tercapai hasil yang diinginkan[9]. contoh penggambaran metode ini dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7. optimasi: *vertex decimation*

Metode ini menggabungkan sepasang *vertex* yang membentuk *edge* dan *face* yang menjadi rusak. Hasil penyederhanaan pada Gambar dapat diperoleh dengan kontraksi *edge* paling bawah dan kedua *face* yang mengapitnya. Metode ini cukup sederhana, hasil yang didapat mempunyai kualitas yang cukup tinggi, dan relatif mudah diimplementasikan. Selain itu metode ini juga dapat menghasilkan hirarki *vertex* yang berguna untuk membuat model multiresolusi.

*Flowchart* alur program yang digunakan untuk mengurangi jumlah *vertex* pada objek 3D menggunakan metode optimasi *vertex decimation* dapat terlihat seperti Gambar 2. Pertama data mesh diidentifikasi sebagai variabel *M* dan *vertex* (*x,f,t*) di masukan dalam *array*, lalu mengidentifikasi data *mesh*. setelah itu mencari sudut *X,F* yang terhubung dengan sudut *T* terdekat. Langkah selanjutnya adalah menghapus *vertex X* yang terhubung dengan *T*. setelah menghapus *vertex X*, selanjutnya membuat *face* baru dari *vertex F* menggunakan sudut *T* sebagai acuan.



Gambar 8 flowchart algoritma *vertex decimation*

Data objek 3D yang akan di uji pada penelitian ini

sebelum di optimasi terdapat karakter udin, meli dan benda 3D seperti meja, kursi, lemari, dan pensil yang di ambil dari Buku Tematik Kelas 3 Sekolah Dasar. Objek 3D di buat menggunakan *software* blender, data karakter dan aset dapat terlihat pada table 2.

Table 2 :objek 3D sebelum di optimasi

Aset dan Karakter 3D	Sebelum Optimasi
Karakter Udin	548,154
Karakter Meli	29,074
Lemari	1,577
Kursi	3.012
Meja	3,900
Pensil	61.165

Hasil pengujian optimasi aset dan karakter menggunakan metode *vertex decimation* didapatkan hasil seperti terlihat pada table 3

Table 3 : hasil optimasi menggunakan *vertex decimation*

Aset dan Karakter 3D	Sesudah Optimasi
Karakter Udin	418,175
Karakter Meli	20.473
Lemari	870
Kursi	1.512
Meja	1,961
Pensil	31.727

Perbedaan jumlah *vertex* sebelum dan sesudah optimasi menggunakan metode *vertex decimation* terlihat jelas, bahwa karakter 3D sebelum di optimasi berjumlah 548,154 *vertex*. Setelah di lakukan optimasi berkurang menjadi 418,175 *vertex*. Perbedaan jumlah *vertex* dari kedua data ini dapat terlihat seperti pada table 4.

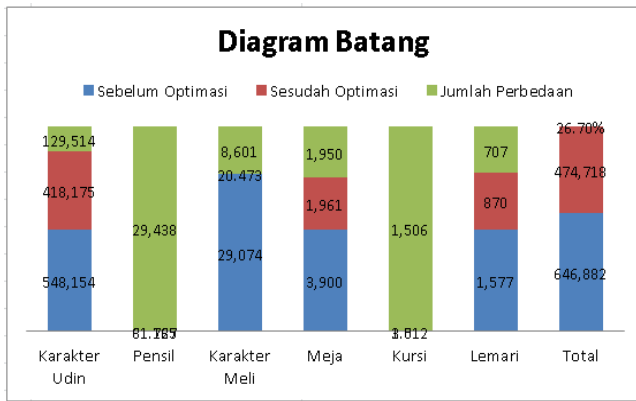
Table 4: hasil perbandingan sebelum dan sesudah optimasi

Aset dan Karakter 3D	Sebelum Optimasi	Sesudah Optimasi	Jumlah Perbedaan
Karakter Udin	548,154	418,175	129,514
Karakter Meli	29,074	20.473	8,601
Lemari	1,577	870	707
Kursi	3.012	1.512	1,506
Meja	3,900	1,961	1,950
Pensil	61.165	31.727	29,438

Pada objek lemari tidak perlu di lakukan optimasi kembali, karna dengan jumlah *vertex* 870 sudah tidak ada *vertex* yang dapat di hapus menggunakan metode *vertex decimation*.

Pada Gambar 9 dapat terlihat pada diagram perbandingan menunjukan hasil yang cukup besar setelah di lakukan pengujian optimasi tanpa harus kehilangan banyak detail



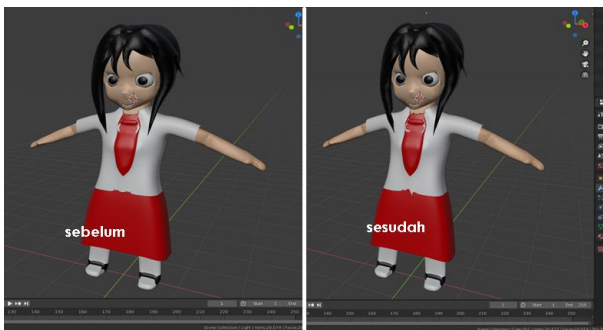


Gambar 9. diagram perbandingan

Setelah dilakukan pengujian untuk mengurangi jumlah *vertex* pada objek 3D, objek yang telah dioptimasi dapat terlihat setelah menggunakan metode *vertex decimation*, objek tidak banyak berubah dan masih terlihat seperti sebelum dioptimasi, seperti yang terlihat pada perbandingan Gambar 10 dan Gambar 11



Gambar 10. Karakter udin

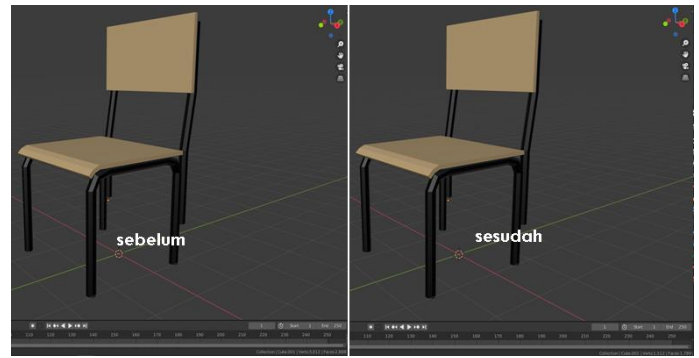


Gambar 11 Karakter 3D Meli

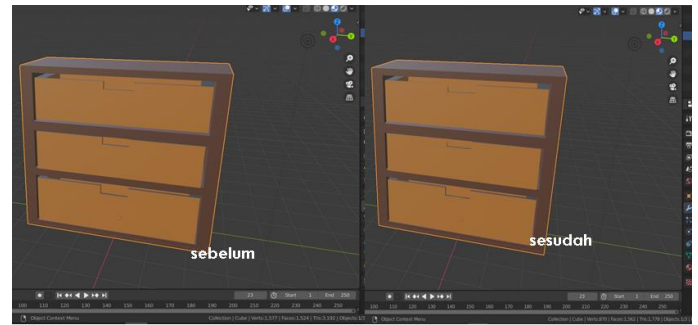
Pada Gambar 8 dan Gambar 9, karakter udin sebelum dioptimasi jumlah *vertex* sebesar 548,154 dan karakter meli berjumlah 29,074 setelah dioptimasi jumlah *vertex* pada karakter udin 418,175 dan karakter meli berjumlah 20,473, hasil optimasi menunjukkan tidak terjadi perbedaan yang besar.

Dalam proses optimasi, semua objek tidak diperlukan tiga kali optimasi. Itu bisa terjadi tiga kali saat proses optimasi telah mencapai hasil yang optimal dari jumlah sudut. Artinya, *vertex* dapat dihilangkan dari objek dan objek masih identik dengan bentuk awal [11].

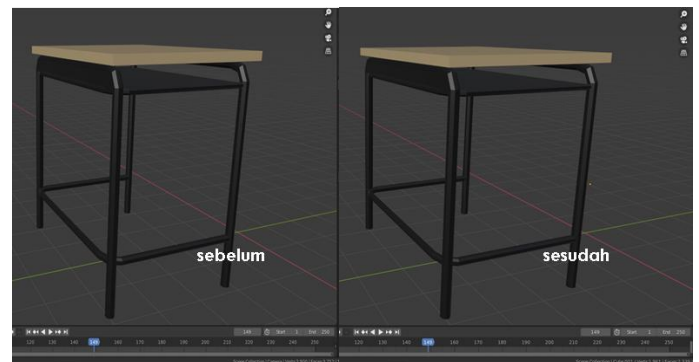
Pada objek benda 3D juga telah dilakukan pengujian menggunakan metode *vertex decimation* untuk mengurangi jumlah *vertex* pada objek benda 3D, sehingga dihasilkan seperti pada Gambar 12, Gambar 13, Gambar 14, dan Gambar 15



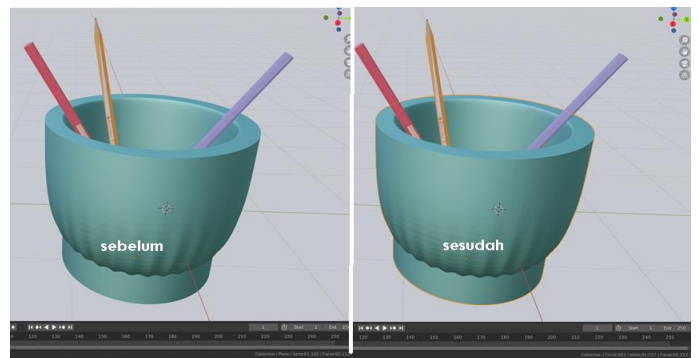
Gambar 12 objek 3D kursi



Gambar 13. Objek 3D lemari



Gambar 14. Objek 3D meja



Gambar 15. Objek 3D pensil

Objek 3D *asset* juga telah dilakukan optimasi, namun pada objek lemari yang terlihat pada Gambar 11 sudah tidak dapat dilakukan optimasi kembali dikarenakan jumlah *vertex* yang sudah tidak memungkinkan untuk di hapus, sehingga dapat merubah bentuk yang sangat signifikan

Table 5 : perbandingan jumlah *vertex*

Aset dan Karakter 3D	Sebelum Optimasi	Sesudah Optimasi
Karakter Udin	548,154	418,175
Karakter Meli	29,074	20.473
Lemari	1,577	870
Kursi	3,012	1,512
Meja	3,900	1,961
Pensil	61.165	31.727
Total	646,882	474,718

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan dari semua pengujian keseluruhan menggunakan metode *vertex decimation*, telah mengurangi jumlah *vertex* sebesar 26.7% dari jumlah total *vertex* awal 646,882 menjadi berjumlah 474,718 seperti yang terlihat pada Table 5.

Pada perbandingan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh (Michael)[4]. Hasil optimasi dengan menggunakan tools *vtxDecimate* menunjukkan *vertex* sebelum dioptimasi berjumlah 5804 setelah dioptimasi menjadi 3514 namun pada hasil penelitian ini terlihat ada sedikit kekurangan dengan tools *vtxDecimate* tersebut yaitu terjadi *bug* pada algoritma tersebut sehingga menimbulkan *vertex* tertentu tidak dapat mereproduksi *face* yang dapat membuatnya terlihat ada lubang pada objek tersebut sehingga detail pada objek 3D tersebut



Gambar 16 objek 3D sapi

## V. KESIMPULAN

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang sudah ditulis dan terpublikasi menunjukkan bahwa penggunaan metode optimasi *vertex decimation* tersebut dapat mengurangi jumlah *vertex* tanpa harus mengurangi detail pada objek karakter tersebut, sehingga terlihat seperti aslinya sebelum di optimasi dan metode *vertex decimation* dapat berjalan normal tanpa ada masalah seperti *bug* namun ada keterbatasan dalam hasil penelitian ini yaitu hasil optimasi belum dapat di implementasikan kedalam permainan tematik sehingga belum didapatkan hasil berapa FPS pada permainan jika menggunakan aset objek dan karakter yang telah dioptimasi menggunakan *vertex decimation*.

Dari hasil penelitian ini di dapatkan sebuah kesimpulan, bahwa optimasi objek 3D menggunakan metode *vertex decimation* dapat simpulkan beberapa hal antara lain:

1. Dengan melakukan pengujian optimasi *vertex*

*decimation*, aset dan karakter 3D padap penelitian ini dapat di optimalkan sebesar 26.7% dari jumlah total *vertex* sebelum optimasi.

2. Objek 3D yang di optimasi menggunakan *vertex decimation* tidak mengalami perubahan besar atau kehilangan detail yang besar, sehingga objek 3D dapat terlihat seperti bentuk asli sebelum di optimasi
3. Algoritma *vertex decimation* tidak mengalami kendala *bug* seperti yang terjadi pada penelitian yang telah dilakukan peneliti terdahulu.
4. *Vertex decimation* dapat melakukan optimasi pada objek 3D yang memiliki jumlah *vertex* ratusan ribu

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Adisusilo, "Perancangan Media Pembelajaran Tematik Sekolah Dasar Berbasis Serious Game," *Matrix J. Manaj. Teknol. dan Inform.*, vol. 10, no. 3, pp. 123–132, 2020, doi: 10.31940/matrix.v10i3.2141.
- [2] R. Khan and S. U. Khan, "Design and implementation of an automated network monitoring and reporting back system," *J. Ind. Inf. Integr.*, vol. 9, 2018, doi: 10.1016/j.jii.2017.11.001.
- [3] W. J. Schroeder, "Topology modifying progressive decimation algorithm," *Proc. IEEE Vis. Conf.*, no. October, pp. 205–211, 1997, doi: 10.1109/visual.1997.663883.
- [4] M. Knapp, "Mesh Decimation using VTK," *Network*, vol. vi, pp. 1–8, 2002, [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.92.9441&rep=rep1&type=pdf>.
- [5] A. H. Hernawan, "Pengembangan Model Pembelajaran Tematik di Kelas Awal Sekolah Dasar," *J. Al-Tabany*, vol. 1, no. 1, pp. 1–14, 2015.
- [6] E. Eriya and Y. D. R. Putri, "2D & 3D Modelling Monumen Bersejarah Yogyakarta sebagai Media Edukasi Interaktif berbasis Virtual Reality," *Multinetics*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.32722/vol4.no1.2018.pp1-7.
- [7] W. H. dan E. W. Eka Ardianto, "Augmented Reality Objek 3 Dimensi dengan Perangkat Artoolkit dan Blender," *Din. Teknol.*, vol. 17, no. 2, pp. 107–117, 2012, [Online]. Available: <http://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/fti1/article/view/1658>.
- [8] A. F. Pratama, F. I. Kreatif, U. Telkom, R. Publik, T. Bermain, and P. Tradisional, "Perancangan Environment 3D Dalam Animasi Dengan Tema Permainan Tradisional Di Kota Bandung 3D Environmental Design for Animation About Traditional Game in," vol. 5, no. 1, pp. 181–188, 2018.
- [9] K. Setiawan, "PENYEDERHANAAN MODEL 3D DENGAN METODE QUADRIC-BASED," pp. 141–153.
- [10] W. J. Schroeder, J. A. Zarge, and W. E. Lorensen, "Decimation of triangle meshes," *Comput. Graph.*, vol. 26, no. 2, pp. 65–70, 1992, doi: 10.1145/142920.134010.
- [11] A. I. Technology, "Optimize 3D Graphic for Culture Game," vol. 72, no. 1, 2015.