

BAB V

PENUTUP

5.1 SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem *Voxel Editor* berbasis web menggunakan Three.js dengan berbagai fitur yang mendukung kebutuhan pengguna dalam memanipulasi objek *voxel* secara interaktif. Berdasarkan hasil pengujian, simpulan dari penelitian ini adalah:

1. Pencapaian Tujuan Penelitian

- Sistem dapat digunakan untuk membuat, mengedit, dan mengelola objek *voxel* dengan fitur interaktif, seperti mode *default* dan *box*.
- Fitur *undo/redo* memungkinkan pengguna membatalkan atau mengulangi tindakan tanpa kehilangan data.
- Ekspor model ke format GLTF berjalan dengan baik dan kompatibel dengan aplikasi pihak ketiga seperti Blender.

2. Kinerja Sistem

- Waktu rata-rata untuk menempatkan satu *voxel* pada mode *default* adalah 1ms, sedangkan untuk membuat area *voxel* 5x5x5 pada mode *box* adalah 10 ms.
- Sistem mampu menangani interaksi pengguna dengan waktu respons yang cepat, menunjukkan efisiensi penggunaan *raycasting* dan GPU melalui Three.js.

3. Keunggulan Sistem

- **Aksesibilitas:** Sistem berbasis web sehingga dapat diakses tanpa instalasi perangkat lunak tambahan.
- **Presisi Tinggi:** Penggunaan *raycasting* memastikan *voxel* ditempatkan dengan akurasi sesuai posisi kursor.
- **Kompatibilitas:** Model *voxel* dapat diekspor dalam format GLTF, memudahkan pengguna untuk melanjutkan pekerjaan pada platform

lain.

4. Kelemahan Sistem

- Penempatan *voxel* dalam area besar membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan perangkat lunak lokal.
- Belum mendukung fitur kolaborasi *real-time* yang memungkinkan pengguna bekerja secara bersamaan.
- Antarmuka pengguna masih dapat ditingkatkan dengan fitur tambahan seperti *drag-and-drop*.
- Belum terdapat fitur analisis atau pengukuran otomatis pada model *voxel* yang dibuat.

5.2 SARAN

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa alternatif pengembangan yang dapat dipertimbangkan adalah:

1. Fitur Kolaborasi *Real-time*

- Menggunakan teknologi *WebSocket* atau *WebRTC* untuk memungkinkan beberapa pengguna bekerja secara bersamaan pada model *voxel* yang sama.

2. Optimasi Penempatan *Voxel*

- Menggunakan teknik optimasi seperti *instancing* atau *batch processing* untuk mempercepat proses *rendering* dan penempatan *voxel*, khususnya pada area yang luas.

3. Dukungan Format Ekspor Lainnya

- Menambahkan dukungan untuk format ekspor seperti OBJ, FBX, atau STL untuk memperluas *interoperabilitas* dengan perangkat lunak CAD dan 3D *printing*.

4. Integrasi Penyimpanan *Cloud*

- Menambahkan fitur penyimpanan berbasis *cloud* agar pengguna dapat menyimpan proyek mereka secara *online* dan membagikannya dengan mudah.

5. Peningkatan Antarmuka Pengguna (UI/UX)

- Menyediakan fitur *drag-and-drop* untuk memudahkan manipulasi objek *voxel*.
- Menambahkan *shortcut keyboard* yang lebih lengkap untuk meningkatkan efisiensi pengguna.
- Menyediakan mode tampilan pratinjau untuk memvisualisasikan model dalam berbagai lingkungan pencahayaan.

6. Penambahan Analisis Model

- Menambahkan fitur analisis seperti penghitungan volume, jumlah *voxel*, atau pengukuran jarak *antar-voxel* untuk mendukung kebutuhan ilmiah atau teknis.

7. Peningkatan Sistem *Undo dan Redo*

- Memperluas kapasitas *stack* untuk mendukung lebih banyak langkah *undo dan redo*, serta menambahkan visualisasi riwayat tindakan.

8. Integrasi AI untuk Rekomendasi Desain

- Menggunakan model kecerdasan buatan untuk memberikan rekomendasi desain *voxel* atau menyelesaikan pola *voxel* yang belum lengkap.

9. Peningkatan Kompatibilitas Perangkat

- Optimasi aplikasi agar kompatibel dengan perangkat *mobile* atau tablet untuk menjangkau lebih banyak pengguna.

10. Peningkatan Dokumentasi

- Menyediakan dokumentasi yang lebih rinci, termasuk panduan penggunaan untuk pengguna pemula dan contoh proyek untuk inspirasi.

11. Fitur Animasi *Voxel*

- Menambahkan kemampuan untuk membuat animasi *voxel* dengan *keyframe* untuk mendukung kebutuhan kreatif.

12. Penambahan Tema dan *Personalisasi*

- Menyediakan opsi untuk mengubah tema antarmuka aplikasi dan pengaturan *personalisasi* lainnya untuk meningkatkan pengalaman pengguna.

Dengan implementasi pengembangan ini, sistem diharapkan dapat lebih responsif, fleksibel, dan mampu memenuhi kebutuhan pengguna yang lebih luas, baik untuk keperluan teknis, kreatif, maupun kolaboratif.