

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

Pendekatan *data-oriented design* pada *flocking* dalam gim Virtual Biotope dapat diterapkan dengan melalui beberapa tahapan yang terdiri dari perubahan *render pipeline* menjadi URP, menggunakan *game engine* yang kompatibel, dan menggunakan Unity DOTS melalui pola arsitektur ECS yang dikembangkan oleh Unity Technologies.

Dari segi *frame time*, penerapan ECS pada *flocking* dalam gim Virtual Biotope memiliki peningkatan terhadap performa gim sebesar 45.47% dengan nilai rata-rata *frame time* 3.50ms dari segi *script*. Jika penerapan ECS dilengkapi dengan sistem animasi *skinned mesh*, hal tersebut menimbulkan *overhead* dengan nilai rata-rata *frame-time* mencapai 9.61ms dibandingkan dengan iterasi kedua yang memiliki nilai 9.13ms.

Dari penggunaan sumber daya, dalam segi *script* terdapat pengaruh besar terhadap CPU dengan penggunaan cenderung lebih kecil pada iterasi ketiga bernilai 1.79ms pada sistem animasi aktif dan 1.24ms pada sistem animasi yang dinonaktifkan. Hasil tersebut diambil dari modul CPU dalam *Unity Profiler* dengan catatan bahwa pendekatan *data-oriented design* melalui arsitektur ECS memanfaatkan fungsionalitas perangkat yang memiliki kemampuan *multiprocessor*. Sedangkan tidak terdapat pengaruh besar terhadap GPU, penurunan penggunaan GPU tersebut disebabkan oleh optimasi aset dalam level utama yang berdampak pada bagian *rendering* dalam hasil *Unity Profiler* pada tahap pengembangan iterasi kedua dari Virtual Biotope. Dengan sistem animasi, total penggunaan CPU pada iterasi ketiga relatif setara atau sedikit lebih besar dari iterasi kedua, sedangkan penggunaan GPU pada iterasi ketiga selalu di sekitar 4-8ms akibat proses *rendering* dari *Entities Graphics*.

Secara keseluruhan, gim Virtual Biotope memiliki peningkatan performa yang terbantu dengan kebutuhan untuk mengubah *render pipeline* menjadi menggunakan URP dalam pengembangan iterasi kedua sebagai langkah awal sebelum menggunakan konsep Unity DOTS. Setelah menerapkan ECS terhadap *flocking* pada gim tersebut sebagai tujuan dari pengembangan iterasi ketiga, peningkatan performa hanya terlihat dari segi *script*, terutama pada bagian utilitas CPU yang memanfaatkan *multiprocessor*. Namun, masih terdapat batasan dari segi sistem animasi objek untuk berfungsi dalam bentuk entitas dikarenakan masih dalam tahap pengembangan oleh Unity Technologies.

## 5.2. Saran

Dari kesimpulan yang telah didapatkan, berikut saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan pada topik untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

1. Penelitian menggunakan pendekatan *data-oriented design* melalui ECS yang berasal dari Unity DOTS. Pada saat penelitian dilakukan, Unity DOTS resmi dirilis sebagai *production ready* dengan batasan bahwa sistem untuk animasi objek khususnya dengan komponen *skinned mesh renderer* masih dalam tahap pengembangan. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan analisa kembali dengan sistem animasi dengan paradigma yang sudah lengkap menggunakan ECS atau sistem serupa lainnya dan menganalisis kembali performanya.
2. Meskipun pendekatan *data-oriented design* melalui ECS dapat berpengaruh baik dalam optimasi gim Virtual Biotope dari segi *script* permainan. Hasil *Unity Profiler* menemukan terjadi sebuah proses yang memiliki pengaruh besar terhadap transisi satu *frame* ke *frame*. Terlihat pada informasi *main thread* terdapat “*Gfx.WaitForPresentOnGfxThread*”. Untuk penelitian selanjutnya dapat menelusuri penyebab dari hadirnya proses tersebut.
3. Penerapan Unity DOTS tidak hanya terbatas dalam menerapkan ECS terhadap bagian *flocking* pada gim Virtual Biotope. Penelitian selanjutnya dapat memanfaatkan Unity DOTS terhadap elemen *gameplay* yang sekiranya dapat diterapkan dengan pendekatan tersebut, contohnya penerapan *data-oriented*

*design* terhadap *player controller* atau penggunaan *subscene* untuk *world streaming* sebagai potensi untuk ekspansi level utama jika sistem ECS untuk kebutuhan tersebut telah tersedia digunakan untuk umum.

4. Sebagai tambahan, ada potensi untuk menggunakan *game engine* lain untuk mengetahui kelebihan dan kelemahan gim Virtual Biotope jika dikembangkan pada *game engine* yang lain ketika dibandingkan dengan *game engine* Unity. Apabila *game engine* yang lain digunakan juga memiliki dukungan untuk pendekatan *data-oriented design*, hal tersebut dapat dimanfaatkan sebagai penelitian selanjutnya untuk mengetahui perbandingan pendekatan *data-oriented design* lainnya terhadap Unity DOTS.