

**ANALISIS PERFORMA *FLOCKING* PADA GIM VIRTUAL BIOTOPE  
MENGUNAKAN PENDEKATAN *DATA-ORIENTED DESIGN***

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program  
Studi S-1 Rekayasa Perangkat Lunak



Oleh :

Rhizka Subentar

NIM 2006446

**PROGRAM STUDI REKAYASA PERANGKAT LUNAK**

**KAMPUS UPI DI CIBIRU**

**UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**2024**

ANALISIS PERFORMA FLOCKING PADA GIM VIRTUAL BIOTOPE  
MENGUNAKAN PENDEKATAN DATA-ORIENTED DESIGN

Oleh  
Rhizka Subentar

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Komputer pada Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak

© Rhizka Subentar 2024  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Juli 2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

**HALAMAN PENGESAHAN**

**RHIZKA SUBENTAR**

**ANALISIS PERFORMA *FLOCKING* PADA GIM VIRTUAL BIOTOPE  
MENGUNAKAN PENDEKATAN *DATA-ORIENTED DESIGN***

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Yulia Retnowati, S.Pd., M.T.

NIP. 920230219960729201

Pembimbing II



Asyifa Imanda Septiana, S.Pd., M.Eng.

NIP. 920190219920228201

Mengetahui

Ketua Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak



Mochamad Iqbal Ardimansyah, S.T., M.Kom.

NIP. 920190219910328101

## LEMBAR PERNYATAAN

Nama : Rhizka Subentar

NIM : 2006446

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Performa *Flocking* pada Gim Virtual Biotope Menggunakan Pendekatan *Data-Oriented Design*” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juli 2024



Rhizka Subentar

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT, shalawat serta salam semoga dilimpah curahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing penulis dalam penelitian sampai tersusunnya skripsi ini:

1. Prof. Dr. Deni Darmawan, S. Pd., M. Si. M. Kom., MCE. selaku Direktur Universitas Pendidikan Indonesia - Kampus Daerah Cibiru.
2. Dr. Yeni Yuniarti, M.Pd. selaku Wakil Direktur Universitas Pendidikan Indonesia - Kampus Daerah Cibiru.
3. Mochamad Iqbal Ardimansyah, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak, Universitas Pendidikan Indonesia.
4. Yulia Retnowati, S.Pd., M.T. dan Asyifa Imanda Septiana, S.Pd., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak, Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Kepada seluruh dosen program studi yang telah membimbing saya selama mengikuti program studi ini.
6. Kepada orang tua dan keluarga saya yang sudah memberi dukungan dan motivasi.
7. Kepada rekan-rekan dan seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan membantu saya tetapi tidak disebutkan karena keterbatasan.

Akhir kata, penulis menyadari akan kekurangan dan keterbatasan ilmu dan pengetahuan penulis, semoga laporan akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi semua pihak yang membacanya, Aamiin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bandung, 12 Juli 2024



Rhizka Subentar

# ANALISIS PERFORMA *FLOCKING* PADA GIM VIRTUAL BIOTOPE MENGUNAKAN PENDEKATAN *DATA-ORIENTED DESIGN*

## ABSTRAK

Virtual Biotope adalah gim berbasis *game engine* Unity yang bertema eksplorasi dengan tujuan menjelajah tempat dan menangkap foto spesies burung. Burung tersebut dikembangkan melalui penerapan algoritma *flocking* dengan tujuan untuk menghasilkan simulasi perilaku terhadap sekumpulan burung. Gim Virtual Biotope mengalami masalah dari segi performa yang terlihat pada pengalaman bermain pengguna dan informasi penggunaan CPU yang lebih tinggi pada saat gim dijalankan. Penelusuran lebih lanjut menemukan algoritma *flocking* yang diterapkan menghasilkan kumpulan entitas, setiap entitas tersebut memiliki struktur data yang berat terhadap penggunaan sumber daya perangkat khususnya CPU sehingga membatasi jumlah entitas yang mampu dimuat dalam satu skenario gim. Fokus penelitian bertujuan untuk optimasi gim terutama pada penggunaan CPU dengan menggunakan metode pendekatan *data-oriented design*, dikembangkan oleh *Unity Technologies* melalui pola arsitektur *entity component system* dikenal sebagai *Data-Oriented Technology Stack* untuk meningkatkan efisiensi penggunaan CPU dalam mengatur elemen permainan. Upaya yang dilakukan adalah analisis performa gim Virtual Biotope dengan menyusun 3 iterasi terhadap gim tersebut. Iterasi pertama adalah hasil dari pengembangan sebelumnya, iterasi kedua adalah hasil dari pengembangan selanjutnya dengan fokus optimasi aset, dan iterasi ketiga adalah hasil penerapan *data-oriented design* terhadap algoritma *flocking*. Setiap iterasi akan dilakukan perbandingan dari segi *frame time*, penggunaan CPU, dan GPU. Hasil dari penerapan *data-oriented design* terhadap algoritma *flocking* dalam gim Virtual Biotope menunjukkan peningkatan performa dengan rata-rata angka mencapai sekitar 45 persen dari segi *script* terhadap iterasi kedua, tetapi tidak memiliki pengaruh signifikan dengan menambahkan sistem animasi yang ada dari *game engine* Unity saat ini.

**Kata Kunci:** Gim, Performa, *Flocking*, *Data-Oriented Design*, *Entity Component System*, Unity

**PERFORMANCE ANALYSIS OF FLOCKING IN THE VIRTUAL BIOTOPE  
GAME USING DATA-ORIENTED DESIGN APPROACH**

**ABSTRACT**

*Virtual Biotope is an exploration-themed game made with Unity game engine where players explore areas to capture pictures of bird species. These birds are developed with a flocking algorithm to simulate behavior for a group of birds. The game experiences performance issues, evident in user experience and higher CPU usage during game runtime. Further investigation found that flocking algorithm generates numerous entities, each with heavy data structure that impacts CPU resource usage, limiting the number of entities that can be loaded in a game scenario. The goal of this research is to further optimize the game, particularly in CPU usage, by using the data-oriented design approach, developed by Unity Technologies through entity component system architecture pattern known as Data-Oriented Technology Stack, to enhance CPU efficiency in managing game elements. The efforts involve performance analysis of the game with three iterations. The first iteration is the result of the previous development team, the second iteration is to focus on asset optimization, and the third iteration applies data-oriented design approach on flocking algorithm. Each iteration will be compared in terms of performance based on the frame time, CPU usage, and GPU usage. The results of applying data-oriented design to the flocking algorithm in Virtual Biotope show a performance improvement with an average increase around 45 percent in the scripting side over the second iteration. However, there was no significant impact when existing animation system is added from the current Unity game engine.*

**Keywords: Game, Performance, Flocking, Data-Oriented Design, Entity Component System, Unity**

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	6
2.1. Penelitian Terkait.....	6
2.2. Video Gim .....	8
2.3. <i>Data-Oriented Design</i> .....	9
2.4. <i>Unity Game Engine</i> .....	10
2.5. <i>Unity Data-Oriented Technology Stack (DOTS)</i> .....	10
2.5.1. <i>Entity Component System</i> .....	11
2.6. <i>Flocking</i> .....	11
2.7. <i>Central Processing Unit (CPU)</i> .....	12
2.8. <i>Graphics Processing Unit (GPU)</i> .....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1. Desain Penelitian .....	15
3.1.1. <i>Research Clarification</i> .....	16



3.1.2.	<i>Descriptive Study 1</i> .....	16
3.1.3.	<i>Prescriptive Study</i> .....	16
3.1.4.	<i>Descriptive Study 2</i> .....	17
3.2.	Alat dan Bahan .....	17
3.3.	Instrumen Penelitian .....	18
3.4.	Analisis Data .....	19
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN .....		21
4.1.	Analisis Virtual Biotope Iterasi Pertama .....	21
4.2.	Proses Optimasi Lebih Lanjut (Iterasi Kedua) .....	26
4.2.1.	Penerapan <i>Universal Render Pipeline</i> (URP) .....	26
4.2.2.	Penerapan Optimasi Desain Level Utama .....	31
4.2.3.	Penerapan Optimasi Aset <i>Flocking</i> .....	36
4.3.	Proses Penerapan Unity DOTS (Iterasi Ketiga) .....	38
4.3.1.	Konversi <i>GameObject Flocking</i> Menjadi Entitas .....	38
4.4.	Evaluasi Performa Permainan .....	43
4.4.1.	Evaluasi Pada <i>Unity Profiler</i> .....	43
4.4.2.	Evaluasi Pada <i>Unity Profiler</i> Tanpa Sistem Animasi <i>Flocking</i> .....	51
4.4.3.	Evaluasi Keseluruhan Data Performa .....	59
BAB V PENUTUP .....		65
5.1.	Kesimpulan .....	65
5.2.	Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA .....		68
Lampiran 1 Data Performa Virtual Biotope ECS .....		71
Lampiran 2 Diagram Development Role dari Game Design Document .....		96

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Alur Metode Penelitian.....	15
Gambar 3.2 Alur Skenario Pengujian.....	19
Gambar 4.1 Hasil <i>Unity Profiler</i> pada versi pertama dari Virtual Biotope.....	21
Gambar 4.2 Performa penggunaan CPU dan GPU tanpa label ‘ <i>Others</i> ’ dengan informasi <i>Rendering</i> pada <i>profiler</i> .....	22
Gambar 4.3 Ringkasan <i>frame time</i> penggunaan CPU dan GPU serta informasi <i>Rendering</i> pada Virtual Biotope iterasi pertama .....	23
Gambar 4.4 Pengolahan data hasil <i>profiler</i> dengan <i>Profiler Analyzer</i> terhadap Virtual Biotope versi pertama .....	25
Gambar 4.5 <i>Scene</i> utama ketika URP diterapkan sebelum konversi aset proyek.....	27
Gambar 4.6 Layar <i>Render Pipeline Converter</i> yang digunakan untuk konversi aset proyek menjadi kompatibel untuk URP.....	27
Gambar 4.7 Tampilan Virtual Biotope sebelum (A) dan setelah <i>render pipeline</i> dikonversi menjadi URP (B).....	28
Gambar 4.8 <i>Profiler Analyzer</i> digunakan untuk perbandingan terhadap dua data hasil rekaman <i>profiler</i> .....	29
Gambar 4.9 Data <i>frame time</i> CPU dan GPU serta informasi <i>Rendering</i> pada Virtual Biotope iterasi pertama setelah dikonversi ke URP .....	30
Gambar 4.10 Hasil <i>Unity Profiler</i> setelah proyek gim Virtual Biotope dikonversi menggunakan <i>render pipeline</i> URP .....	31
Gambar 4.11 Menggunakan <i>Decimate</i> untuk mereduksi <i>triangles</i> sebagai proses menghasilkan model LOD1 pada ‘Bambu 2’ .....	33
Gambar 4.12 Model Pagar Transparan dari Virtual Biotope iterasi pertama (A) dengan model yang dibuat kembali (B).....	34
Gambar 4.13 Model LOD1 dari Pagar Transparan (A) dengan model LOD0 dari Pagar Transparan (B).....	34
Gambar 4.14 Total penggunaan model Pijakan dalam <i>scene</i> level utama setelah <i>mesh combining</i> .....	35

Gambar 4.15 Komponen <i>LOD Group</i> dari <i>Unity Editor</i> diterapkan pada model Rumah .....	36
Gambar 4.16 <i>Apply Scale</i> terhadap model Kuntul Kecil/Kerbau .....	37
Gambar 4.17 Instalasi <i>Package Entities</i> dan <i>Entities Graphics</i> pada Virtual Biotope yang sudah menggunakan <i>Unity Engine</i> versi 2022.3.31f1 .....	38
Gambar 4.18 Diagram ECS untuk mendefinisikan entitas <i>Boid</i> .....	39
Gambar 4.19 Diagram ECS untuk mendefinisikan entitas <i>Spawner</i> .....	39
Gambar 4.20 <i>Subscene</i> pada level utama yang menyimpan <i>GameObject</i> untuk dikonversikan menjadi entitas ECS .....	40
Gambar 4.21 <i>GameObject Spawner</i> dengan nama <i>Flockmain</i> (A) dikonversikan menjadi <i>Entity</i> pada <i>runtime</i> (B) melalui <i>baking</i> .....	41
Gambar 4.22 Informasi <i>Entity Component System</i> dalam level utama Virtual Biotope .....	41
Gambar 4.23 Informasi Inspector terhadap sebuah Entitas .....	42
Gambar 4.24 <i>Shader Graph</i> untuk <i>render</i> grafis pada animasi objek yang menggunakan komponen <i>skinned mesh renderer</i> .....	43
Gambar 4.25 Hasil <i>Unity Profiler</i> terhadap Virtual Biotope iterasi kedua .....	44
Gambar 4.26 Hasil <i>Profile Analyzer</i> dari perbandingan Virtual Biotope iterasi pertama dan iterasi kedua.....	44
Gambar 4.27 Data <i>frame time</i> CPU dan GPU serta informasi <i>Rendering</i> pada Virtual Biotope iterasi kedua.....	46
Gambar 4.28 Hasil <i>Profiler</i> pada Virtual Biotope iterasi ketiga .....	48
Gambar 4.29 Hasil <i>Profile Analyzer</i> dari perbandingan Virtual Biotope iterasi kedua dan iterasi ketiga .....	48
Gambar 4.30 Data <i>frame time</i> CPU dan GPU serta informasi <i>Rendering</i> pada Virtual Biotope iterasi ketiga.....	50
Gambar 4.31 Hasil <i>Unity Profiler</i> pada Virtual Biotope iterasi pertama tanpa sistem animasi .....	52
Gambar 4.32 Hasil <i>Unity Profiler</i> pada Virtual Biotope iterasi kedua tanpa sistem animasi .....	52

Gambar 4.33 Hasil <i>Profile Analyzer</i> pada perbandingan Virtual Biotope iterasi pertama dan kedua tanpa sistem animasi .....	53
Gambar 4.34 Data <i>frame time</i> CPU dan GPU serta informasi <i>Rendering</i> pada Virtual Biotope iterasi pertama (A) dan kedua (B) tanpa sistem animasi .....	54
Gambar 4.35 Hasil <i>Unity Profiler</i> pada Virtual Biotope iterasi ketiga tanpa sistem animasi .....	56
Gambar 4.36 Hasil <i>Profile Analyzer</i> pada perbandingan Virtual Biotope iterasi kedua dan ketiga tanpa sistem animasi .....	56
Gambar 4.37 Data <i>frame time</i> CPU dan GPU serta informasi <i>Rendering</i> pada Virtual Biotope iterasi ketiga tanpa sistem animasi .....	58
Gambar 4.38 Grafik data <i>frame time</i> terhadap semua iterasi Virtual Biotope .....	60
Gambar 4.39 Grafik data <i>frame time</i> terhadap semua iterasi Virtual Biotope tanpa sistem animasi .....	60
Gambar 4.40 Grafik data penggunaan CPU terhadap semua iterasi Virtual Biotope .	61
Gambar 4.41 Grafik data penggunaan CPU terhadap semua iterasi Virtual Biotope tanpa sistem animasi .....	62
Gambar 4.42 Grafik data penggunaan GPU terhadap semua iterasi Virtual Biotope .	63
Gambar 4.43 Grafik data penggunaan GPU terhadap semua iterasi Virtual Biotope tanpa sistem animasi .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rangkuman State of the Art .....	7
Tabel 3.1 <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> yang digunakan dalam penelitian.....	17
Tabel 4.1 Penggunaan CPU dan GPU pada Virtual Biotope iterasi pertama.....	24
Tabel 4.2 Ringkasan data <i>frame time</i> pada <i>Unity Profiler</i> terhadap Virtual Biotope versi pertama.....	25
Tabel 4.3 Ringkasan data <i>frame time</i> pada <i>Unity Profiler</i> dengan perbandingan sebelum dan sesudah penerapan <i>render pipeline</i> URP.....	29
Tabel 4.4 Daftar aset yang digunakan pada Virtual Biotope dengan detail perbaikan	32
Tabel 4.5 Perbandingan penggunaan model Pijakan pada Virtual Biotope iterasi pertama dengan iterasi kedua .....	35
Tabel 4.6 Daftar aset yang digunakan pada Virtual Biotope dengan detail perbaikan	36
Tabel 4.7 Ringkasan data <i>frame time</i> pada <i>Unity Profiler</i> dengan perbandingan iterasi pertama (V1) dan iterasi kedua (V2) dari gim Virtual Biotope .....	45
Tabel 4.8 Penggunaan CPU dan GPU pada Virtual Biotope iterasi kedua .....	47
Tabel 4.9 Ringkasan data <i>frame time</i> pada <i>Unity Profiler</i> dengan perbandingan iterasi kedua (V2) dan iterasi ketiga (ECS) dari gim Virtual Biotope .....	49
Tabel 4.10 Penggunaan CPU dan GPU pada Virtual Biotope iterasi ketiga .....	51
Tabel 4.11 Ringkasan data <i>frame time</i> pada <i>Unity Profiler</i> dengan perbandingan iterasi pertama (V1) dan iterasi kedua (V2) dari gim Virtual Biotope .....	53
Tabel 4.12 Penggunaan CPU dan GPU pada Virtual Biotope iterasi pertama tanpa sistem animasi.....	55
Tabel 4.13 Penggunaan CPU dan GPU pada Virtual Biotope iterasi kedua tanpa sistem animasi .....	55
Tabel 4.14 Ringkasan data <i>frame time</i> pada <i>Unity Profiler</i> dengan perbandingan iterasi kedua (V2) dan iterasi ketiga (ECS) dari gim Virtual Biotope .....	57
Tabel 4.15 Penggunaan CPU dan GPU pada Virtual Biotope iterasi ketiga tanpa sistem animasi .....	59

## DAFTAR PUSTAKA

- Andargie, F. A., dan Rose, J. (2015). *Performance characterization of mobile GP-GPUs*. AFRICON 2015, 1–6.
- Blessing, L. T. M., dan Chakrabarti, A. (2009). DRM, a design research methodology. In *DRM, a Design Research Methodology*. Springer London.
- Eichenbaum, A., Bavelier, D., dan Green, C. S. (2014). *Video Games: Play That Can Do Serious Good*. American Journal of Play, 7, 50–72.
- Egenfeldt-Nielsen, S., Smith, J. H., dan Tosca, S. P. (2019). *Understanding Video Games: The Essential Introduction*. Routledge.
- Haas, J. K. (2014). *A History of the Unity Game Engine*.
- Koulaxidis, G., & Xinogalos, S. (2022). Improving Mobile Game Performance with Basic Optimization Techniques in Unity. *Modelling*, 3(2), 201–223.
- Messaoudi, F., Ksentini, A., Simon, G., dan Bertin, P. (2017). *Performance analysis of game engines on mobile and fixed devices*. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications, 13(4).
- Tan, W., dan Riwinoto, R. (2023). *Analysis Optimization of Game “X” Performance on The Android Platform*. Proceedings of the 5th International Conference on Applied Engineering, ICAE 2022, 5 October 2022, Batam, Indonesia.
- Nurwahyu, T., Irzal, M., Sugiyanta, L. (2023). *Pemanfaatan Data Oriented Technology Stack dalam Game Engine Unity dan Teknologi Klasik Unity untuk Membuat Permainan Danmaku*. J-KOMA: Jurnal Ilmu Komputer dan Aplikasi, 1(1), 1-12.
- Turpeinen, M. (2020). *A Performance Comparison for 3D Crowd Rendering using an Object-Oriented system and Unity DOTS with GPU Instancing on Mobile Devices*.

- Oliveira, F. M. D. C. de, dan Canal, A. P. (2022). *Crowd Animation In Unity: Implementation Of A Module Utilizing Data-Oriented Technology Stack And A General-Purpose Graphics Processing Unit*. Trabalho de Conclusão de Curso Ciência Da Computação - Universidade Franciscana (UFN).
- Fedoseev, K., Askarbekuly, N., Uzbekova, E., dan Mazzara, M. (2020). *A Case Study on Object-Oriented and Data-Oriented Design Paradigms in Game Development*. University of Innopolis
- Muriel, D., dan Crawford, G. (2018). *Video Games as Culture: Considering the Role and Importance of Video Games in Contemporary Society*. Taylor & Francis Group.
- Fabian, R. (2018). *Data-oriented Design: Software Engineering for Limited Resources and Short Schedules*. Richard Fabian.
- Bayliss, J. D. (2022). *The Data-Oriented Design Process for Game Development*. *Computer*, 55(5), 31–38.
- Härkönen, T. (2019). *Advantages and Implementation of Entity-Component-Systems*. Tampere University.
- Patterson, D. A., dan Hennessy, J. L. (2017). *Computer Organization and Design RISC-V Edition: The Hardware Software Interface* (1st ed.). Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Millington, I. (2019). *AI for Games, Third Edition, 3rd Edition*. CRC Press.
- Aversa, D. (2022). *Unity Artificial Intelligence Programming: Add powerful, believable, and fun AI entities in your game with the power of Unity, Fifth Edition*. Packt Publishing.
- Ledin, J. (2020). *Modern Computer Architecture and Organization*. Packt Publishing, Limited.

- Aamodt, T. M., Fung, W. W. L., dan Rogers, T. G. (2018). *General-purpose Graphics Processor Architectures*. Morgan dan Claypool Publishers.
- Cole, Tim dan Altman, Douglas. (2017). *Statistics Notes: What is a percentage difference?*.
- Unity Technologies (2022). *Ultimate Guide to Profiling Unity Games*. Unity Technologies.
- Unity Technologies (2021). *Introduction to the Universal Render Pipeline for Advanced Unity Creators*. Unity Technologies.
- Unity Technologies (2021). *Optimize Your Mobile Game Performance*. Unity Technologies.
- Unity Technologies (2021). *Optimize Your Game Performance for Consoles and PC*. Unity Technologies.
- Aversa, D., dan Dickinson, C. (2019). *Unity Game Optimization: Enhance and Extend the Performance of All Aspects of Your Unity Games, Third Edition*. Packt Publishing, Limited.
- Arvidsson, N., dan Laura Martínez, A. (2020). *Balance Between Performance and Visual Quality in 3D Game Assets Appropriateness of Assets for Games and Real-Time Rendering*, Uppsala University.
- Unity Manual (2022). *Profiler Overview, 2022.3*. Unity Technologies.
- Unity Manual (2021) *Scripting, GameObject, 2021.3*. Unity Technologies.
- Unity Manual (2022). *Entities Graphics 1.2.3, 2022.3.11f1*. Unity Technologies.
- Unity Technologies (2024). *Introduction to the Data-Oriented Technology for advanced Unity developers*. Unity Technologies.