

PENGEMBANGAN GAME UP 2 DOWN BIRDIE MELALUI INTEGRASI ALGORITMA CIRCLE COLLISION DETECTION MENGGUNAKAN PLATFORM SCRATCH

Firman Adhi Ardiansyah, Agung Kharisma Hidayah, Ardi Wijaya, Muhammad Imanullah

Teknik Informatika, universitas Muhammadiyah bengkulu

Kp. Bali, Kec. Tlk. Segara, Kota Bengkulu, Bengkulu

ryoadhi00@gmail.com

ABSTRAK

Game merupakan media interaktif yang memanfaatkan algoritma komputasi untuk menciptakan pengalaman bermain yang dinamis, salah satunya melalui mekanisme *collision detection*. Permasalahan dalam penelitian ini adalah perlunya metode deteksi tabrakan yang akurat, ringan, dan mudah diimplementasikan pada platform pemrograman visual seperti Scratch agar interaksi antar objek dapat berjalan secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan game “Up 2 Down Birdie” dengan mengintegrasikan algoritma Circle Collision Detection serta mengevaluasi efektivitasnya. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan model Multimedia Development Life Cycle (MDLC) yang meliputi tahap concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution. Pengujian dilakukan menggunakan metode black-box serta evaluasi pengguna melalui kuesioner terhadap 50 responden. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh fitur berjalan sesuai perancangan, dan algoritma mampu mendeteksi tabrakan secara real-time tanpa delay. Evaluasi pengguna menunjukkan tingkat kepuasan sebesar 82,8% dan akurasi deteksi mencapai 89,6%. Dengan demikian, integrasi Circle Collision Detection pada Scratch terbukti efektif untuk pengembangan game arcade sederhana yang responsif dan edukatif.

Kata kunci : *Game, Circle Collision Detection, Scratch, MDLC, Up 2 Down Birdie*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komputasi telah mendorong pesatnya industri game sebagai salah satu media hiburan digital yang paling diminati berbagai kalangan. Game tidak lagi sekadar sarana rekreasi, tetapi juga menjadi media pembelajaran interaktif yang mampu mengintegrasikan konsep logika, matematika, serta pemrograman dalam bentuk yang menyenangkan. Dalam konteks pendidikan teknologi informasi, pengembangan game sederhana dapat dijadikan sarana efektif untuk memahami penerapan algoritma secara praktis dan aplikatif [1].

Game “Up 2 Down Birdie” merupakan permainan kasual bergenre arcade yang dirancang sebagai media hiburan ringan sekaligus sebagai sarana eksplorasi konsep pemrograman dasar, khususnya pada mekanisme interaksi antar objek. Permainan ini mengusung konsep kontrol sederhana, di mana pemain mengendalikan karakter burung yang bergerak secara vertikal (naik dan turun) untuk melewati celah di antara rintangan berupa pipa yang tersusun memanjang secara vertikal. Tantangan utama permainan terletak pada ketepatan waktu dan koordinasi gerakan untuk menghindari tabrakan. Apabila karakter bersentuhan dengan rintangan atau batas area permainan, maka sistem secara otomatis memicu kondisi game over [2].

Meskipun terlihat sederhana, mekanisme permainan ini memerlukan sistem logika yang presisi agar interaksi antar objek dapat dideteksi secara akurat. Konsep utama yang diterapkan dalam game ini adalah algoritma collision detection, yaitu proses komputasi yang digunakan untuk menentukan apakah dua objek atau lebih mengalami tumpang tindih pada

koordinat tertentu dalam ruang dua dimensi [3]. Deteksi tabrakan merupakan komponen fundamental dalam pengembangan game karena berperan langsung dalam menentukan respons sistem terhadap interaksi antar elemen, seperti pengurangan skor, penghentian permainan, atau pemicu animasi tertentu. Tanpa algoritma ini, permainan tidak akan mampu memberikan umpan balik yang realistis terhadap aksi pemain.

Dalam implementasinya, terdapat berbagai metode collision detection yang dapat digunakan, seperti bounding box detection, pixel-perfect detection, dan circle-based detection. Pada penelitian ini, metode yang dipilih adalah Circle Collision Detection, yaitu pendekatan yang merepresentasikan objek sebagai lingkaran dengan titik pusat dan jari-jari tertentu. Metode ini dipilih karena memiliki kompleksitas perhitungan yang relatif rendah dan lebih mudah diintegrasikan dalam sistem berbasis pemrograman visual. Selain itu, bentuk karakter burung yang cenderung membulat mendukung penggunaan model lingkaran sebagai representasi matematisnya.

Platform yang digunakan dalam penelitian ini adalah Scratch, sebuah lingkungan pemrograman visual berbasis blok yang dikembangkan oleh Massachusetts Institute of Technology melalui MIT Media Lab. Scratch dirancang sebagai media pembelajaran pemrograman yang ramah bagi pemula, sehingga memungkinkan pengguna untuk membangun aplikasi interaktif tanpa harus menulis sintaks kode secara tekstual. Penggunaan Scratch dalam penelitian ini didasarkan pada kemampuannya dalam mengelola sprite, variabel, serta logika kondisi yang dibutuhkan

untuk mendukung implementasi algoritma deteksi tabrakan secara real-time [4].

Pemilihan Scratch juga memiliki nilai edukatif, karena membuktikan bahwa konsep algoritma matematika seperti perhitungan jarak Euclidean dapat diimplementasikan dalam lingkungan pemrograman visual yang sederhana [5]. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berorientasi pada pengembangan produk game, tetapi juga pada pembuktian bahwa Scratch dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran algoritma komputasional dalam konteks pengembangan game 2D.

Penelitian ini berfokus pada bagaimana algoritma Circle Collision Detection diimplementasikan dalam Scratch pada game "Up 2 Down Birdie", serta bagaimana tingkat efektivitasnya dalam mendeteksi interaksi antar objek secara real-time. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi performa sistem melalui pengujian fungsional dan persepsi pengguna untuk mengetahui sejauh mana algoritma yang diterapkan mampu menghasilkan pengalaman bermain yang responsif, akurat, dan memuaskan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas penerapan algoritma collision detection dalam pengembangan game sebagai bagian penting dari sistem interaksi antar objek.

Penelitian yang dilakukan oleh [6] dengan judul "Rancang Bangun Game Getuk Shooter Menggunakan Algoritma Collision Detection Berbasis Android" membahas implementasi algoritma collision detection pada game bergenre shooter berbasis Android. Dalam penelitian tersebut, algoritma digunakan untuk mendeteksi objek-objek yang saling bersentuhan dalam suatu bidang koordinat tertentu, khususnya antara karakter pemain dan objek musuh atau proyektil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma collision detection berhasil diterapkan secara efektif pada game Getuk Shooter, terutama dalam mendeteksi interaksi antara karakter pemain dengan elemen permainan lainnya. Implementasi tersebut memungkinkan sistem memberikan respons yang tepat ketika terjadi tabrakan, seperti pengurangan nyawa atau penghentian permainan [6].

Penelitian lain yang dilakukan oleh [7] berjudul "Penggunaan Struktur Data Quad-Tree dalam Algoritma Collision Detection pada Vertical Shooter Game" mengkaji optimalisasi algoritma collision detection dengan memanfaatkan struktur data quad-tree. Dalam penelitian tersebut, penulis mengungkapkan bahwa penggunaan algoritma collision detection secara langsung tanpa struktur pendukung dapat menyebabkan proses pencarian objek menjadi kurang efisien, terutama ketika jumlah objek dalam permainan cukup banyak. Hal ini dikarenakan pohon indeks yang terbentuk tidak seimbang sehingga memperlambat proses pencarian. Dengan menerapkan struktur data quad-tree, pohon

yang dihasilkan menjadi lebih seimbang sehingga proses identifikasi tabrakan dapat dilakukan lebih cepat dan efisien [7].

Hasil pengujian dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan metode divide and conquer yang dipadukan dengan struktur data quad-tree memberikan performa yang memadai untuk game dengan jumlah objek spasial yang cukup besar. Untuk game vertical shooter pada umumnya, jumlah objek rata-rata tidak melebihi seribu buah, sehingga algoritma tersebut dinilai lebih dari cukup untuk mendukung kebutuhan komputasi. Selain itu, penelitian tersebut juga menyebutkan alternatif metode lain seperti bounding box sebagai strategi dalam mendeteksi tabrakan.

2.2. Collision Detection

Collision detection merupakan teknik dalam pengembangan game, simulasi komputer, dan sistem grafika interaktif yang digunakan untuk mengidentifikasi apakah dua objek atau lebih saling bersentuhan atau bertabrakan dalam suatu ruang koordinat tertentu [8].

Proses ini menjadi bagian penting dalam logika permainan karena menentukan bagaimana sistem merespons interaksi yang terjadi, seperti menghentikan permainan (game over), mengurangi poin atau nyawa karakter, memunculkan efek visual, maupun memicu animasi tertentu.

Secara umum, algoritma collision detection bekerja dengan cara membandingkan posisi dan dimensi objek dalam sistem koordinat dua dimensi atau tiga dimensi. Dalam konteks game 2D, setiap objek biasanya memiliki atribut posisi (x, y), ukuran, serta batas area (collider) yang digunakan sebagai representasi matematis bentuk objek tersebut. Berbagai metode collision detection telah dikembangkan, di antaranya:

- a. Bounding Box Detection, yaitu metode yang menggunakan kotak pembatas (persegi atau persegi panjang) di sekitar objek untuk mendeteksi tabrakan.
- b. Pixel-Perfect Detection, yaitu metode yang mendeteksi tabrakan berdasarkan kesesuaian piksel antar objek, sehingga lebih presisi tetapi membutuhkan komputasi lebih tinggi.
- c. Circle-Based Detection, yaitu metode yang merepresentasikan objek sebagai lingkaran dengan titik pusat dan jari-jari tertentu.

Pemilihan metode sangat bergantung pada kebutuhan kompleksitas sistem, jumlah objek dalam permainan, serta efisiensi komputasi yang diharapkan. Untuk game dengan kompleksitas rendah dan jumlah objek terbatas, metode berbasis lingkaran sering kali menjadi pilihan yang efektif dan efisien.

2.3. Circle Collision Detection

Metode *Circle Collision Detection* merupakan salah satu pendekatan sederhana dalam mendeteksi tabrakan antar objek pada game dua dimensi [9].

Dalam metode ini, setiap objek direpresentasikan sebagai lingkaran yang memiliki titik pusat (x, y) dan jari-jari (r). Representasi ini mempermudah proses perhitungan karena hanya melibatkan pengukuran jarak antar pusat dua lingkaran. Dua objek berbentuk lingkaran dinyatakan bertabrakan apabila jarak antara pusat kedua lingkaran lebih kecil atau sama dengan jumlah jari-jari masing-masing objek. Secara matematis, kondisi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$d \leq r_1 + r_2 \quad (1)$$

dengan jarak Euclidean dihitung menggunakan rumus:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2)$$

Keterangan:

- d = jarak antara pusat objek pertama dan kedua
- (x_1, y_1) = koordinat pusat objek pertama
- (x_2, y_2) = koordinat pusat objek kedua
- r_1 dan r_2 = jari-jari masing-masing objek

Apabila nilai d lebih kecil atau sama dengan $r_1 + r_2$, maka sistem menyimpulkan bahwa telah terjadi tabrakan. Sebaliknya, jika nilai d lebih besar, maka kedua objek tidak saling bersentuhan.

Keunggulan metode ini terletak pada kompleksitas perhitungannya yang rendah dan kemudahan implementasinya, terutama pada platform pemrograman visual seperti Scratch. Dengan hanya memanfaatkan variabel posisi dan operasi matematika dasar (pengurangan, perkalian, penjumlahan, dan akar kuadrat), algoritma ini dapat diintegrasikan tanpa memerlukan struktur data yang kompleks.

2.4. Scratch

Scratch merupakan bahasa pemrograman visual berbasis blok yang dikembangkan oleh MIT Media Lab sebagai bagian dari inisiatif pendidikan di Massachusetts Institute of Technology [10].

Platform ini dirancang untuk mempermudah proses pembelajaran pemrograman, khususnya bagi pemula, dengan pendekatan drag-and-drop yang intuitif. Pengguna dapat menyusun blok-blok perintah layaknya potongan puzzle untuk membentuk suatu alur logika program tanpa harus menuliskan sintaks kode secara manual seperti pada bahasa pemrograman konvensional.

Scratch mendukung pembuatan berbagai proyek interaktif, seperti animasi, simulasi, cerita digital, dan permainan (game) dua dimensi. Dalam Scratch, objek disebut sebagai sprite, yang dapat diberi atribut posisi, ukuran, arah gerak, serta skrip perilaku tertentu. Setiap sprite dapat diprogram secara terpisah menggunakan blok kontrol, operator, variabel, sensor, serta event yang tersedia dalam antarmuka.

Salah satu fitur penting dalam Scratch yang relevan dengan penelitian ini adalah blok sensor touching dan touching color, yang memungkinkan sistem mendeteksi apakah suatu sprite menyentuh objek lain atau warna tertentu pada panggung (stage). Fitur ini sangat membantu dalam implementasi logika collision detection secara real-time tanpa memerlukan

perhitungan matematis yang kompleks. Namun, untuk kebutuhan yang lebih spesifik dan presisi, Scratch juga memungkinkan penggunaan variabel koordinat (x dan y) serta operasi matematika untuk membangun algoritma deteksi tabrakan secara manual, seperti pada metode Circle Collision Detection.

2.5. Game Up 2 Down Birdie

“Up 2 Down Birdie” merupakan game bergenre arcade yang mengadaptasi mekanisme permainan endless runner, di mana permainan berlangsung tanpa batas level dan tingkat kesulitan meningkat seiring waktu. Konsep dasar permainan ini menitikberatkan pada ketangkasan dan refleks pemain dalam mengendalikan karakter utama untuk menghindari rintangan yang terus bergerak.

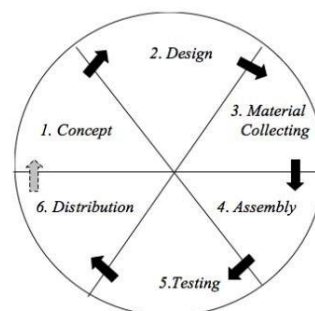
Karakter utama dalam game ini berupa seekor burung yang dapat digerakkan ke atas dan ke bawah melalui input sederhana, seperti klik mouse atau tombol tertentu. Pergerakan vertikal burung dipengaruhi oleh simulasi gravitasi virtual, sehingga pemain harus mengatur waktu dengan tepat agar karakter tidak jatuh atau menabrak rintangan. Rintangan dalam permainan berbentuk pipa yang bergerak secara horizontal dari sisi kanan ke kiri layar dengan celah tertentu sebagai jalur aman untuk dilewati.

Tujuan utama permainan adalah memperoleh skor setinggi mungkin dengan cara bertahan selama mungkin tanpa mengalami tabrakan. Setiap rintangan yang berhasil dilewati akan menambah skor pemain. Apabila burung menyentuh pipa atau batas bawah/atas layar, maka sistem akan memicu kondisi game over dan permainan dihentikan.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Multimedia Development Life Cycle (MDLC). Model MDLC dipilih karena sesuai dengan karakteristik pengembangan produk multimedia interaktif seperti game, yang memadukan unsur visual, audio, serta logika pemrograman dalam satu sistem terintegrasi [11].

MDLC menyediakan tahapan yang sistematis dan terstruktur, sehingga proses pengembangan dapat dilakukan secara bertahap mulai dari perumusan konsep hingga distribusi produk akhir [12].



Gambar 1. Tahapan MDLC

Secara umum, MDLC terdiri dari enam tahap utama, yaitu Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, dan Distribution. Keenam tahap tersebut membentuk siklus pengembangan yang saling

berkaitan dan memungkinkan evaluasi berkelanjutan pada setiap prosesnya.

Detail operasional dari tahapan MDLC dalam penelitian ini dirumuskan dalam kerangka kerja sebagai berikut:

Tabel 1. Framework Penelitian

Tahap	Input	Proses	Output
Concept	Ide awal & studi literatur	Analisis kebutuhan & konsep dasar	Spesifikasi dan konsep game
Design	Spesifikasi sistem	Perancangan visual, gameplay, prototipe	Desain lengkap & prototipe
Material collecting	Desain game	Pengumpulan aset multimedia	Koleksi aset lengkap
Assembly	Aset & rancangan	Implementasi Scratch & integrasi algoritma	Game versi semi-final
Testing	Game semi-final	Uji fungsionalitas & perbaikan	Game versi final
distribution	Game final	Publikasi & evaluasi pengguna	Produk siap digunakan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengembangan

Tahap desain menghasilkan antarmuka (*user interface*) dua dimensi yang sederhana namun fungsional. Tampilan utama (*main menu*) dirancang dengan elemen minimalis yang terdiri dari judul permainan, tombol *start*, dan informasi singkat mengenai cara bermain. Pemilihan desain yang sederhana bertujuan agar pemain dapat langsung memahami mekanisme permainan tanpa distraksi visual yang berlebihan.

Karakter utama dalam game ini berupa burung berwarna merah dengan bentuk dasar lingkaran. Pemilihan bentuk lingkaran tidak hanya mempertimbangkan aspek estetika, tetapi juga mendukung implementasi metode *Circle Collision Detection*. Dengan bentuk yang mendekati lingkaran, proses perhitungan radius dan titik pusat menjadi lebih konsisten serta mudah diintegrasikan dalam sistem.



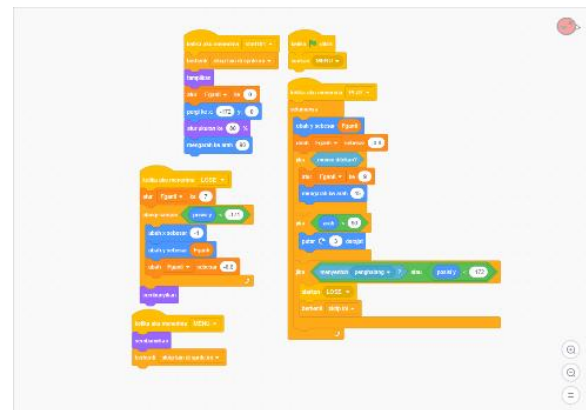
Gambar 2. Desain Menu Utama dan Karakter Burung

Pada tahap *assembly*, seluruh aset visual dan logika sistem digabungkan menggunakan blok kode pada Scratch. Implementasi sistem mencakup beberapa komponen utama, yaitu:

- Logika gravitasi, yang mensimulasikan gaya tarik ke bawah secara konstan terhadap karakter.
- Mekanisme kontrol pemain, di mana klik mouse atau input tertentu akan memberikan gaya dorong ke atas.
- Pergerakan rintangan pipa secara horizontal dari kanan ke kiri layar.
- Sistem skor yang bertambah setiap kali pemain berhasil melewati rintangan.

- Implementasi algoritma *Circle Collision Detection* untuk mendeteksi tabrakan antara burung dan pipa.

Logika gravitasi diimplementasikan menggunakan variabel kecepatan vertikal yang nilainya terus diperbarui setiap frame. Ketika pemain memberikan input, nilai kecepatan diubah sehingga karakter bergerak naik. Sistem ini menciptakan efek gerakan yang dinamis dan responsif.



Gambar 3. Script Pemrograman Sprite Burung

Hasil pengembangan menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat terintegrasi dengan baik dan permainan dapat dijalankan secara lancar pada platform Scratch tanpa kendala berarti.

4.2. Pengujian dan Analisis

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *black-box testing*, yaitu metode pengujian yang berfokus pada fungsionalitas sistem tanpa meninjau struktur kode internal. Tujuan pengujian ini adalah memastikan bahwa setiap fitur berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang pada tahap sebelumnya. Berikut merupakan hasil pengujian fungsionalitas:

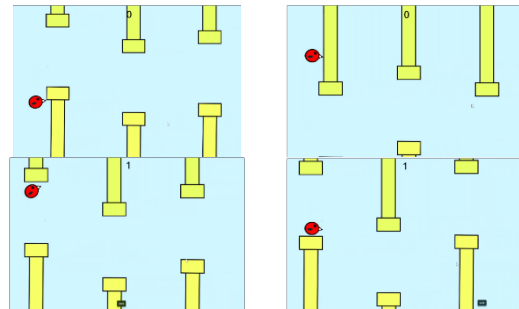
Tabel 2. Hasil Pengujian Black-Box

Pengujian	Kasus Pengujian	Hasil	Kesimpulan
Memulai game	Menekan tombol start	Berjalan	Normal
Gerak karakter	Klik kiri mouse	Berjalan	Normal
Collision	Menabrak rintangan	Berjalan	Normal
Ulang game	Tombol "retry"	Berjalan	Normal
Menu utama	Tombol "menu"	Berjalan	Normal

Berdasarkan tabel tersebut, seluruh fitur utama sistem berfungsi dengan baik. Tidak ditemukan kesalahan logika yang menyebabkan permainan berhenti secara tidak terduga.

Efektivitas algoritma *Circle Collision Detection* terlihat ketika karakter burung menyentuh rintangan pipa. Sistem secara otomatis menghitung jarak antara pusat burung dan pusat pipa (yang direpresentasikan sebagai lingkaran tak terlihat/collider), kemudian membandingkannya dengan jumlah radius masing-masing objek. Ketika kondisi tabrakan terpenuhi, sistem langsung memicu status *Game Over*.

Respons sistem berlangsung secara real-time tanpa keterlambatan (*delay*), menunjukkan bahwa algoritma yang digunakan memiliki kompleksitas komputasi yang ringan dan sesuai untuk game dengan jumlah objek terbatas.



Gambar 4. Visualisasi Terjadinya Collision Detection

4.3. Distribusi dan Evaluasi Pengguna

Setelah tahap pengujian internal selesai, game didistribusikan kepada 50 responden untuk memperoleh evaluasi dari sisi pengguna. Evaluasi dilakukan menggunakan kuesioner berbasis skala Likert untuk mengukur persepsi terhadap akurasi sistem, tantangan permainan, kejelasan tampilan, serta kepuasan secara keseluruhan. Hasil rekapitulasi penilaian ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 3. Penghitungan Bobot Kuesioner

No	Pertanyaan	Jumlah	Index%
1	Game "Up 2 Down Birdie" memiliki sistem <i>collision detection</i> yang bekerja secara akurat dan sesuai dengan harapan saya.	224	89,6
2	Saya merasa pengalaman bermain "Up 2 Down Birdie" menjadi menyenangkan karena adanya tantangan dari sistem tabrakan yang tepat	206	82,4
3	Sistem <i>collision detection</i> dalam game ini mampu secara jelas menunjukkan kondisi Game Over saat terjadi tabrakan.	208	83,2
4	Visual dan tampilan game membantu saya dalam memahami kapan objek dalam game saling bertabrakan.	217	86,8
5	Secara keseluruhan, saya puas dengan gameplay dan sistem interaksi antar objek dalam "Up 2 Down Birdie".	207	82,8
6	Scratch cukup mampu menangani deteksi tabrakan secara akurat dalam game seperti ini	208	83,2

Berdasarkan data tersebut, aspek dengan nilai tertinggi adalah akurasi sistem *collision detection* sebesar 89,6%. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas responden menilai sistem mampu mendeteksi tabrakan secara tepat dan konsisten. Selain itu, tingkat kepuasan gameplay secara keseluruhan mencapai 82,8%, yang termasuk dalam kategori baik.

Hasil ini mengindikasikan bahwa implementasi algoritma *Circle Collision Detection* pada Scratch mampu memberikan pengalaman bermain yang responsif dan memadai untuk game arcade sederhana.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa algoritma *Circle Collision Detection* berhasil diterapkan dengan baik pada game

"Up 2 Down Birdie" menggunakan platform Scratch. Seluruh fitur utama permainan, seperti kontrol karakter, pergerakan rintangan, sistem skor, serta mekanisme game over, berjalan sesuai dengan rancangan berdasarkan hasil black-box testing.

Hasil evaluasi terhadap 50 responden menunjukkan bahwa Scratch memperoleh indeks 83,2% dalam mendukung implementasi deteksi tabrakan, sementara tingkat kepuasan gameplay secara keseluruhan mencapai 82,8%. Nilai tersebut menunjukkan kategori baik, sehingga game dinilai layak digunakan sebagai media hiburan sederhana sekaligus sarana pembelajaran konsep algoritma dasar. Dengan demikian, Scratch terbukti efektif sebagai platform pengembangan game arcade 2D yang responsif dan mudah diimplementasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. H. Wibowo, M. I. Syahib, and R. R. Hadistio, "Pelatihan Koding Dasar dan Game Edukasi Menggunakan Scratch untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Logis Siswa SD Kelas VI," 2025, doi: 10.51454/anoa.v4i02.1577.
- [2] D. Ramadhan, A. Asriyanik, and D. Indrayana, "PENGEMBANGAN GAME 2D PLATFORMER SEJARAH KERAJAAN MAJAPAHIT DENGAN MENGIMPLEMENTASIKAN METODE GAME DEVELOPMENT LIFE CYCLE (GDLC)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 9, no. 2, pp. 3418–3426, Apr. 2025, doi: 10.36040/jati.v9i2.13209.
- [3] P. Octaviandy and R. Wijaya, "Permainan Monster Defence Dengan Metode Collision Detection Dan Boids Sebagai Media Edukasi Pengenalan Warna Bagi Anak-Anak," 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/>
- [4] A. P. Nabilah *et al.*, "Penggunaan Media Scratch Meningkatkan Motivasi Belajar dan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa," 2024, [Online]. Available: <https://scratch.mit.edu/>
- [5] E. R. Sari, N. P. Puspita, and D. Lestari, "Pemanfaatan Aplikasi Scratch Untuk Memvisualisasikan Konsep Logika Matematika," *Jurnal Pengabdian Masyarakat MIPA dan Pendidikan MIPA*, vol. 9, no. 1, pp. 11–16, Mar. 2025, doi: 10.21831/jpmmp.v9i1.81979.
- [6] F. Fauziah and E. M. Putri, "Rancang Bangun Game Getuk Shooter Menggunakan Algoritma Collision Detection Berbasis Android," *JEJARING : Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika*, vol. 6, no. 1, pp. 13–18, May 2021, doi: 10.25134/jejaring.v6i1.6735.
- [7] R. M. Nugraha, "Penggunaan Struktur Data Quad-Tree dalam Algoritma Collision Detection pada Vertical Shooter Game," 2011.
- [8] Satriya Miharja, "Gamifikasi Media Edukasi Operasi Aritmatika Dalam Permainan Café Menggunakan Teknik Collision Detection," *Bulletin of Computer Science Research*, vol. 3, no. 1, pp. 156–160, Dec. 2022, doi: 10.47065/bulletincsr.v3i1.224.
- [9] M. Brahmana, "Studi Perbandingan Deteksi Tabrakan Game 2D Menggunakan Jarak Euclidean (Bounding Circle) dan Axis-Aligned Bounding Box (AABB)," 2025.
- [10] A. Asyidqi Malik Qodir and M. Yasin Efendi, "Pengenalan Dasar Pemrograman Menggunakan Metode Scratch untuk Siswa Kelas 7.3 SMP Dharma Karya UT," 2024.
- [11] D. Maulana, A. Firmansyah, and S. Mawarni, "Implementasi Metode Multimedia Development Life Cycle pada Game Visual Novel â€œSebelum Kamu Membencikuâ€," *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 337–351, Sep. 2022, doi: 10.37012/jtik.v8i2.1283.
- [12] I. Amalia Jaza, "Implementasi Multimedia Development Life Cycle (Mdlc) Pada Aplikasi Media Implementasi Multimedia Development Life Cycle (Mdlc) Pada Aplikasi Media Pembelajaran Budaya Jawa Barat Di Kompepar Giri Harja Jelekong," vol. 06, no. 02, 2024, doi: 10.54209/jatilima