

Penerapan Aljabar Linear dan Matriks dalam Pengembangan Game Digital

Ahmad Handika Akbar^{1*}

¹Universitas Suryakencana, Jl. Pasirgede Raya, Bojongherang, Kec. Cianjur, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat.

E-mail: ahmadhandikaakbar123@gmail.com

* Corresponding Author



<https://doi.org/>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 10 Dec 2024

Revised: 16 Dec 2024

Accepted: 22 Dec 2024

Kata Kunci

Aljabar Linear, Matriks,
Grafika Komputer,
Pengembangan Game,
Transformasi, Vektor.

Keywords

Linear Algebra, Matrices,
Computer Graphics, Game
Development,
Transformation, Vectors.

ABSTRACT

Perkembangan pesat dalam industri game digital menuntut integrasi kuat antara sains komputer dan matematika, terutama dalam bidang aljabar linear. Aljabar linear dan matriks merupakan tulang punggung dari sistem grafika komputer, animasi, simulasi fisika, hingga kecerdasan buatan (AI) dalam game. Jurnal ini membahas prinsip-prinsip dasar aljabar linear dan penggunaannya dalam pengembangan game, seperti transformasi objek, pengaturan kamera, dan simulasi gerakan. Studi ini bertujuan memberikan pemahaman konseptual dan praktis bagi pengembang game serta mendorong penggunaan pendekatan matematis dalam proses desain dan pengembangan.

The rapid development of the digital game industry demands a strong integration between computer science and mathematics, particularly in the field of linear algebra. Linear and matrix algebra are the backbone of computer graphics systems, animation, physics simulations, and even artificial intelligence (AI) in games. This paper discusses the basic principles of linear algebra and their application in game development, such as object transformations, camera setup, and motion simulation. This study aims to provide conceptual and practical understanding for game developers and encourage the use of mathematical approaches in the design and development process.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital yang pesat telah membawa transformasi besar dalam industri hiburan, khususnya dalam pengembangan permainan digital atau game. Game modern tidak lagi sekadar produk hiburan semata, melainkan juga merupakan hasil kolaborasi kompleks antara seni, teknologi, dan ilmu pengetahuan. Dalam proses pembuatannya, pengembang game tidak hanya dituntut memiliki kreativitas tinggi dalam aspek visual dan narasi, tetapi juga penguasaan terhadap aspek teknis dan matematis yang kuat.

Salah satu bidang matematika yang berperan sangat penting dalam pengembangan game adalah aljabar linear. Aljabar linear mencakup konsep-konsep seperti vektor, matriks, transformasi linear, sistem persamaan linear, dan ruang vektor, yang kesemuanya berkontribusi langsung dalam penciptaan dunia virtual yang realistis dan interaktif. Dalam grafika komputer, vektor dan matriks digunakan untuk mewakili posisi, arah, dan skala objek, serta mengatur kamera dan pencahayaan. Di bidang fisika game, aljabar linear memungkinkan perhitungan gaya, percepatan, dan tabrakan objek secara akurat.

Mesin game terkemuka seperti Unity, Unreal Engine, dan Godot menggunakan struktur matematika berbasis aljabar linear dalam setiap aspek pengoperasiannya. Sebagai contoh, Unity menggunakan tipe data `Vector3` dan `Matrix4x4` untuk menangani posisi dan rotasi dalam ruang tiga dimensi. Di Unreal Engine, sistem transformasi dunia (`world transform`) untuk objek game berbasis penuh pada sistem matriks homogen dan operasi vektor. Bahkan untuk hal yang terlihat sederhana seperti menggerakkan karakter ke kanan, terdapat perhitungan vektor posisi dan kecepatan yang berjalan di balik layar.

Selain itu, dalam pengembangan game berbasis realitas virtual (VR) dan augmented reality (AR), kompleksitas transformasi spasial menjadi lebih tinggi, sehingga kebutuhan akan pemahaman yang kuat

terhadap aljabar linear semakin mendesak. Pengembang dituntut untuk mampu menerapkan rotasi menggunakan quaternions, proyeksi perspektif, serta interpolasi posisi dan orientasi secara halus (smoothing movement), semua yang pada dasarnya berasal dari prinsip aljabar linear.

Tujuan dari jurnal ini adalah untuk menjelaskan secara sistematis bagaimana konsep-konsep utama dalam aljabar linear diterapkan dalam pengembangan game digital. Dengan membahas hubungan antara teori dan praktik, jurnal ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih dalam kepada mahasiswa, peneliti, maupun praktisi game development tentang pentingnya fondasi matematis dalam menciptakan game yang responsif, realistis, dan efisien. Selain itu, jurnal ini juga bertujuan untuk mendorong pendekatan yang lebih terstruktur dan ilmiah dalam proses pengembangan game, sehingga kualitas produk digital yang dihasilkan dapat terus meningkat seiring perkembangan teknologi.

Vektor

Vektor merepresentasikan besaran dan arah dalam ruang. Dalam konteks game, vektor digunakan untuk posisi, kecepatan, percepatan, dan arah gerak karakter atau objek.

Contoh:

Posisi karakter pada koordinat 2D dapat dinyatakan sebagai:

$$\vec{p} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

Matriks

Matriks adalah array dua dimensi yang digunakan untuk memanipulasi vektor melalui operasi transformasi seperti translasi, rotasi, dan skala.

Contoh matriks rotasi 2D:

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix}$$

Transformasi Linear

Transformasi digunakan untuk memindahkan atau mengubah bentuk objek. Dalam game, transformasi memungkinkan objek untuk berpindah lokasi, berputar, atau berubah ukuran.

METODE

Penelitian ini berfokus pada studi konseptual dan praktis mengenai aplikasi prinsip-prinsip dasar aljabar linear dalam pengembangan *game*. Tujuannya adalah memberikan pemahaman konseptual dan praktis bagi pengembang *game* serta mendorong penggunaan pendekatan matematis dalam proses desain dan pengembangan. Jurnal ini menjelaskan secara sistematis bagaimana konsep-konsep utama aljabar linear (seperti vektor, matriks, dan transformasi linear) diterapkan dalam berbagai aspek *game* digital, termasuk grafika komputer, animasi, simulasi fisika, kecerdasan buatan, dan studi kasus pergerakan karakter pada *game platformer* 2D. Dengan membahas hubungan antara teori dan praktik, jurnal ini berfungsi sebagai referensi yang menjabarkan fondasi matematis penting untuk menciptakan *game* yang responsif, realistis, dan efisien.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafika Komputer

Dalam grafika 2D/3D, setiap objek diwakili oleh koordinat titik dan diproses melalui transformasi matriks. Misalnya, saat kamera bergerak, seluruh dunia game ditransformasikan secara relatif terhadap posisi kamera menggunakan matriks pandang (view matrix).

Animasi dan Pergerakan

Gerakan karakter dan objek seperti peluru atau kendaraan dihitung menggunakan vektor kecepatan dan percepatan. Misalnya:

$$\vec{v} = v_0 + a \cdot t$$

Fisika Game

Simulasi tumbukan dan gravitasi menggunakan operasi vektor untuk menentukan arah dan kecepatan pasca-tumbukan. Matriks juga digunakan untuk rotasi kaku (rigid body rotation) dalam fisika 3D.

Kecerdasan Buatan (AI)

AI dalam game seperti pathfinding (misalnya A* algorithm) memanfaatkan aljabar linear untuk menghitung jarak antar titik dan menentukan jalur optimal antar node pada peta permainan.

Kamera dan Perspektif 3D

Untuk menampilkan dunia 3D secara realistis di layar 2D, digunakan matriks proyeksi:

1. **Matriks view**: mengubah posisi objek relatif terhadap kamera
2. **Matriks perspektif**: mensimulasikan efek kedalaman.

Studi Kasus Singkat

Dalam pengembangan game platformer 2D, aljabar linear memiliki peran penting dalam pengaturan pergerakan karakter, rotasi, dan transformasi posisi. Game jenis ini biasanya menggunakan sistem koordinat kartesian dua dimensi, di mana sumbu-x mewakili pergerakan horizontal (kiri-kanan) dan sumbu-y mewakili pergerakan vertikal (atas-bawah).

Pergerakan Karakter

Posisi karakter pemain diperbarui setiap frame menggunakan persamaan:

$$\vec{p}_{\text{baru}} = \vec{p}_{\text{lama}} + \vec{v} \cdot \Delta t \quad \vec{p}_{\text{baru}} = \vec{p}_{\text{lama}} + \vec{v} \cdot \Delta t$$

di mana:

1. \vec{p}_{lama} = posisi karakter pada frame sebelumnya, dinyatakan sebagai vektor (x, y)
2. \vec{v} = kecepatan karakter, juga dalam bentuk vektor (v_x, v_y)
3. Δt = selang waktu antar frame (delta time)
4. \vec{p}_{baru} = posisi karakter yang diperbarui

Contoh:

Jika karakter berada pada posisi $(5, 3)$, bergerak ke kanan dengan kecepatan $v_x = 2$ unit/detik dan ke atas dengan $v_y = 1$ unit/detik, serta $\Delta t = 0.016$ detik (setara dengan 60 FPS), maka posisi barunya dihitung:
 $\vec{p}_{\text{baru}} = (5, 3) + (2, 1) \cdot 0.016 = (5 + 0.032, 3 + 0.016) = (5.032, 3.016)$

Rotasi Karakter saat Membalik Arah

Ketika karakter membalik arah (misalnya dari menghadap kanan ke kiri), diperlukan rotasi atau flipping sprite. Rotasi ini dapat dilakukan menggunakan matriks rotasi 2D. Rotasi terhadap pusat (biasanya titik tengah sprite) sebesar sudut θ dinyatakan dalam bentuk matriks:

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

Untuk membalik arah secara horizontal (mirror horizontal), bisa digunakan rotasi sebesar 180° atau matriks transformasi refleksi terhadap sumbu-y:

$$M_{\text{flip}} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad M_{\text{flip}} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Maka, vektor posisi atau orientasi karakter akan dikalikan dengan matriks tersebut untuk menghasilkan pembalikan arah.

Contoh:

Jika vektor orientasi arah menghadap kanan adalah $\vec{d} = (1, 0)$, maka setelah flip horizontal:

$$\vec{d}_{\text{baru}} = M_{\text{flip}} \cdot \vec{d} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ini menunjukkan bahwa karakter kini menghadap ke kiri.

SIMPULAN

Aljabar linear merupakan komponen esensial dalam pengembangan game digital. Konsep vektor dan matriks membantu menciptakan lingkungan game yang realistis dan interaktif. Penguasaan terhadap konsep-konsep ini dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam pembuatan game. Ke depan, seiring berkembangnya teknologi seperti realitas virtual dan augmented reality, pentingnya aljabar linear akan semakin meningkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi dalam proses penyusunan hingga penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- Hearn, D., & Baker, M. P. (2010). *Computer Graphics with OpenGL*. Pearson Education.
- Lengyel, E. (2011). *Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics*. Cengage Learning.
- Nystrom, R. (2014). *Game Programming Patterns*. Genever Benning.
- Unity Technologies. (2023). *Unity Scripting API – Vector3, Matrix4x4*.
- Mat Buckland. (2005). *Programming Game AI by Example*. Wordware Publishing