

$$\begin{bmatrix} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

Gambar 2.2. SPL dalam Bentuk Matriks Penjumlahan
(Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-03-Sistem-Persamaan-Linier-2023.pdf>, halaman 3)

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

A **x** **b**

Gambar 2.3. SPL dalam Bentuk Matriks Perkalian
(Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-03-Sistem-Persamaan-Linier-2023.pdf>, halaman 3)

$$[A | \mathbf{b}] = \left[\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & b_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} & b_m \end{array} \right]$$

Gambar 2.4. SPL yang Dinyatakan dalam Bentuk Matriks Augmented
(Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-03-Sistem-Persamaan-Linier-2023.pdf>, halaman 4)

B. Matriks dan Determinan

Matriks merupakan representasi data berbentuk dua dimensi yang memainkan peran penting dalam sistem persamaan linier (SPL). Matriks digunakan untuk menyederhanakan pengelolaan banyak persamaan linier secara bersamaan dengan merepresentasikan koefisien variabel, hasil, dan hubungan antar elemen sistem. Dalam konteks SPL, matriks membantu dalam analisis struktur dan solusi dari sistem yang ada.

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 4 & 6 \\ 7 & 0 & 8 & -12 \\ 13 & 11 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Gambar 2.5. Contoh Matriks
(Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-01-Review-Matriks-2023.pdf>, halaman 3)

Determinan adalah nilai skalar yang dihitung dari matriks persegi ($n \times n$) dan memberikan informasi penting tentang sifat matriks. Properti utama determinan dalam konteks SPL adalah:

1. **Solusi unik :** Jika determinan matriks **A**, yang dilambangkan dengan $\det(A)$, tidak sama dengan nol ($\det(A) \neq 0$), maka sistem memiliki solusi unik. Hal ini berarti matriks **A** adalah invertibel, sehingga SPL dapat diselesaikan dengan metode invers matriks dan memiliki solusi unik apabila diselesaikan dengan metode Gauss atau Gauss-Jordan.
2. **Ketiadaan Solusi atau Solusi Tak Hingga :** Jika $\det(A)=0$, maka sistem tidak memiliki solusi atau memiliki solusi tak hingga. Dalam kasus ini, matriks tidak dapat diinvers, yang menunjukkan adanya ketergantungan linier dalam baris atau kolomnya.

C. Invertibilitas Matriks

Matriks **A** dikatakan invertibel jika terdapat matriks A^{-1} sedemikian rupa sehingga:

$$AA^{-1} = I$$

Di mana **I** adalah matriks identitas. Dalam konteks sistem linier, invertibilitas memastikan bahwa sistem memiliki solusi unik.

$$AA^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 5 & 3 \\ 1 & 0 & 8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -40 & 16 & 9 \\ 13 & -5 & -3 \\ 5 & -2 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = I$$

Gambar 2.6. Contoh Matriks Inverse
(Sumber: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-05-Sistem-Persamaan-Linier-2023.pdf>, halaman 17)

D. Operasi Baris Elementer

Operasi Baris Elementer (OBE) adalah teknik yang digunakan untuk menyederhanakan matriks dengan cara mengubah baris-barisnya. Metode ini diterapkan pada matriks augmented untuk menyelesaikan sistem persamaan linear (SPL). Dengan menerapkan OBE, matriks dapat diubah ke dalam bentuk matriks eselon baris atau matriks eselon baris tereduksi, yang memungkinkan penentuan solusi SPL secara sistematis.

Tiga jenis operasi baris elementer yang dapat dilakukan terhadap matriks adalah:

1. Mengalikan seluruh elemen dalam satu baris dengan suatu konstanta tidak nol.
2. Menukar posisi dua baris dalam matriks.
3. Menambahkan sebuah baris dengan kelipatan baris lain.

Penerapan OBE akan menghasilkan dua metode utama:

- Metode eliminasi Gauss: Berhenti ketika matriks mencapai bentuk eselon baris.
- Metode eliminasi Gauss-Jordan: Berhenti ketika matriks mencapai bentuk eselon baris tereduksi.

Contoh

Diberikan SPL berikut:

$$\begin{aligned} x + 2y + z &= 6 \\ 2x + 3y + 3z &= 14 \\ y + 2z &= 7 \end{aligned}$$

Matriks augmented yang terbentuk adalah:

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & 1 & 6 \\ 2 & 3 & 3 & 14 \\ 0 & 1 & 2 & 7 \end{array} \right]$$

Langkah-langkah penyelesaian dengan OBE:

1. Eliminasi baris pertama untuk menghasilkan nol di kolom pertama pada baris kedua.

Operasi: $R_2 \leftarrow R_2 - 2R_1$.

Hasil:

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & 1 & 6 \\ 0 & -1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 7 \end{array} \right]$$

2. Eliminasi baris ketiga untuk menghasilkan nol di kolom kedua pada baris kedua.

Operasi: $R_3 \leftarrow R_3 + R_2$

Hasil:

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & 1 & 6 \\ 0 & -1 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 3 & 9 \end{array} \right]$$

3. Lakukan Eliminasi Gauss-Jordan untuk mendapatkan hasil

Operasi: $R_3 \leftarrow R_3/3$, $R_2 \leftarrow R_2 - R_3$, $R_1 \leftarrow R_1 - R_3$, $R_1 \leftarrow R_1 + 2R_2$

Hasil:

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 3 \end{array} \right]$$

Solusi SPL: $x = 1$, $y = 1$, $z = 3$

E. Eliminasi Gauss-Jordan

Metode eliminasi Gauss-Jordan adalah pengembangan dari metode eliminasi Gauss yang menerapkan Operasi Baris Elementer (OBE) pada matriks augmented hingga terbentuk matriks eselon baris tereduksi. Dalam metode ini, nilai-nilai

variabel dapat langsung diperoleh dari matriks augmented akhir jika sistem persamaan memiliki solusi unik, tanpa perlu melakukan substitusi mundur.

III. MEKANIK DALAM GIM VISUAL NOVEL

Pada bagian ini, penulis akan membahas mekanik permainan dalam gim bertipe *Visual Novel*, dengan fokus pada analisis gim *Study & Steady*. Versi yang digunakan adalah versi bahasa Inggris dengan pembaruan terbaru (versi v1.03) yang diunduh dari situs RyuuGames. Program dijalankan pada perangkat dengan sistem operasi Windows 10 untuk memastikan kompatibilitas dan stabilitas selama permainan.

Gim bertipe *Visual Novel* secara umum memiliki karakteristik utama berupa alur cerita yang didorong oleh narasi dan pilihan pemain. Dalam gim ini, terdapat dua mekanisme inti yang menjadi fokus, yaitu *playing prompt* dan *choice prompt*.

A. Playing Prompt

Playing prompt merujuk pada elemen antarmuka yang memungkinkan pemain untuk berinteraksi dengan cerita dalam gim. Elemen ini biasanya berbentuk teks narasi, dialog, dan ilustrasi karakter yang ditampilkan di layar. Dalam *Study & Steady*, *playing prompt* digunakan untuk:

1. Menyampaikan narasi utama dan perkembangan cerita.
2. Menampilkan dialog antara pemain dan karakter lain.
3. Memberikan konteks visual melalui ilustrasi latar belakang dan ekspresi karakter.

Fungsi utama dari *playing prompt* adalah memastikan pemain dapat mengikuti cerita secara linear hingga tiba pada momen-momen krusial yang memerlukan interaksi langsung melalui *choice prompt*.



Gambar 3.1. *Playing Prompt* pada gim *Study & Steady* dokumentasi oleh penulis

B. Choice Prompt

Choice prompt adalah elemen mekanik utama dalam gim *Study & Steady* yang memberikan kesempatan kepada pemain untuk membuat keputusan. Keputusan ini secara langsung memengaruhi perkembangan cerita dan menentukan rute yang akan ditempuh. Dalam gim ini, terdapat empat rute utama yang berfokus pada masing-masing heroine, yaitu:

- Nanoka's Route
- Yuu's Route
- Mai's Route
- Hazuki's Route

Dalam makalah ini, bagian dari mekanisme *choice prompt* yang menjadi fokus bahasan adalah “*Select a Destination*”. “*Select a Destination*” dalam *Study & Steady* dirancang dengan struktur berikut:

- Pemain akan dihadapkan pada “*Select a Destination*” *choice prompt* sebanyak empat kali selama permainan.
- Setiap *prompt* meminta pemain memilih lokasi tertentu, di mana setiap lokasi terkait langsung dengan heroine tertentu.
- Jumlah lokasi yang diberikan ada sebanyak empat lokasi.
- Pemain harus memilih lokasi yang berhubungan dengan heroine yang diinginkan untuk membangun kedekatan.



Gambar 3.2. “*Select a Destination*” *Choice Prompt* pada gim *Study & Steady* dokumentasi oleh penulis

C. Syarat dan Kondisi Pemilihan Rute

Untuk membuka rute tertentu, pemain harus memenuhi syarat interaksi dengan heroine yang diinginkan:

1. Pemain harus berinteraksi setidaknya tiga kali dengan heroine yang diinginkan untuk memastikan rute tersebut terbuka.
2. Pemain dapat membuka rute dengan hanya dua kali interaksi, asalkan tidak berinteraksi lebih dari satu kali dengan heroine lain.
3. Jika pemain membagi interaksi secara merata di antara semua heroine dengan cara berinteraksi satu kali dengan setiap heroine, maka pemain akan diarahkan ke rute "bad ending."

Sebagai contoh, jika pemain memilih lokasi yang terkait dengan Yuu sebanyak tiga kali, maka rute Yuu akan terbuka. Sebaliknya, jika pemain membagi pilihan secara merata atau tidak fokus pada satu heroine, cerita akan berakhir pada rute "bad ending," yang umumnya memberikan akhir cerita yang tidak memuaskan.

D. Tempat yang Dikunjungi Heroine

Pada setiap *choice prompt* “*Select a Destination*” yang diberikan, masing-masing heroine akan mengunjungi lokasi yang berbeda. Untuk mempermudah penjelasan, setiap lokasi akan diberi nomor 1 hingga 4, mengikuti arah jarum jam, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.3. Aturan penomoran “*Select a Destination*” dokumentasi oleh penulis

Berdasarkan penjelasan mekanisme gim di atas, contoh skenario dapat disimpulkan dalam tabel berikut:

| No. | <i>Select a Destination</i> | Heroine |
|------|-----------------------------|---------|
| 1 | 4 | Yuu |
| 2 | 2 | Yuu |
| 3 | 1 | Hazuki |
| 4 | 1 | Yuu |
| Rute | | Yuu |

Tabel 3.1. Tabel Hubungan “*Select a Destination*” untuk Rute Yuu

| No. | <i>Select a Destination</i> | Heroine |
|------|-----------------------------|---------|
| 1 | 4 | Yuu |
| 2 | 1 | Nanoka |
| 3 | 1 | Hazuki |
| 4 | 4 | Mai |
| Rute | | Bad End |

Tabel 3.2. Tabel Hubungan “*Select a Destination*” untuk Rute “Bad End”

IV. PEMODELAN DENGAN SPL UNTUK LOGIKA PILIHAN

Untuk menerapkan metode eliminasi Gauss-Jordan dalam menyelesaikan Sistem Persamaan Linear (SPL) dan menentukan semua kemungkinan hasil berdasarkan pilihan pemain, langkah pertama adalah memodelkan SPL yang merepresentasikan hubungan antara pilihan lokasi dan heroine yang dipilih. SPL ini bertujuan untuk memetakan logika permainan ke dalam bentuk matematis yang terstruktur sehingga

dapat dianalisis menggunakan metode aljabar linier. Pemodelan ini didasarkan pada tabel hubungan yang telah disusun pada Bagian III, yang menggambarkan keterkaitan antara lokasi yang dipilih oleh pemain dengan heroine yang terpengaruh oleh pilihan tersebut.

A. Definisi Variabel

SPL ini menggunakan variabel x_A , x_B , x_C , dan x_D yang merepresentasikan jumlah lokasi yang dipilih oleh pemain untuk masing-masing heroine:

- x_A : Jumlah lokasi yang dipilih untuk Nanoka.
- x_B : Jumlah lokasi yang dipilih untuk Yuu.
- x_C : Jumlah lokasi yang dipilih untuk Mai.
- x_D : Jumlah lokasi yang dipilih untuk Hazuki.

Berdasarkan aturan permainan dan tabel, SPL ini dirumuskan dalam bentuk berikut:

1. Untuk tabel 3.1:
 - i. $x_A = 0$ (pemain tidak memilih lokasi yang dikunjungi Nanoka).
 - ii. $x_B = 3$ (pemain memilih 3 lokasi yang dikunjungi Yuu).
 - iii. $x_C = 0$ (pemain tidak memilih lokasi yang dikunjungi Mai).
 - iv. $x_D = 1$ (pemain memilih 1 lokasi yang dikunjungi Hazuki).
 - v. $x_A + x_B + x_C + x_D = 4$ (total lokasi yang dipilih adalah 4).
2. Untuk tabel 3.2:
 - i. $x_A = 1$ pemain memilih 1 lokasi yang dikunjungi Nanoka).
 - ii. $x_B = 1$ (pemain memilih 1 lokasi yang dikunjungi Yuu).
 - iii. $x_C = 1$ (pemain memilih 1 lokasi yang dikunjungi Mai).
 - iv. $x_D = 1$ (pemain memilih 1 lokasi yang dikunjungi Hazuki).
 - v. $x_A + x_B + x_C + x_D = 4$ (total lokasi yang dipilih adalah 4).

B. Matriks Augmented

SPL ini dapat dituliskan dalam bentuk matriks augmented:

1. Untuk tabel 3.1:

$$\left[\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 4 \end{array} \right]$$

2. Untuk tabel 3.2:

$$\left[\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 4 \end{array} \right]$$

C. Penyelesaian dengan Eliminasi Gauss-Jordan

Dikarenakan R_1 sampai R_4 sudah berbentuk matriks eselon tereduksi, maka langkah yang perlu dilakukan hanyalah melakukan OBE pada R_5 . Dengan langkah sebagai berikut:

- Langkah: $R_5 \leftarrow R_5 - R_1, R_5 \leftarrow R_5 - R_2, \dots, R_5 \leftarrow R_5 - R_4$

1. Untuk tabel 3.1:

$$\left[\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right]$$

2. Untuk tabel 3.2:

$$\left[\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right]$$

D. Interpretasi Hasil

Solusi dari eliminasi Gauss-Jordan adalah:

1. Untuk tabel 3.1:

- $x_A = 0$
- $x_B = 3$
- $x_C = 0$
- $x_D = 1$

Hasil ini menunjukkan bahwa pemain memilih 3 lokasi yang sesuai dengan Yuu, 1 lokasi untuk Hazuki, dan tidak ada lokasi untuk Mai maupun Nanoka. Solusi ini memenuhi syarat untuk mencapai rute Yuu.

2. Untuk tabel 3.2:

- $x_A = 1$
- $x_B = 1$
- $x_C = 1$
- $x_D = 1$

Hasil ini menunjukkan bahwa pemain masing-masing 1 lokasi yang sama untuk setiap heroine. Solusi ini tidak memenuhi syarat untuk mencapai rute tertentu manapun dan mengakibatkan pemain diarahkan ke rute "Bad End".

Pemodelan ini memberikan gambaran bagaimana setiap keputusan pemain dapat menghasilkan rute tertentu, serta memastikan bahwa semua aturan permainan terpenuhi dalam proses analisis dan membuktikan logika pilihan dalam permainan benar secara matematis.

V. KESIMPULAN

Untuk membuktikan kebenaran logika pilihan dalam permainan dalam *visual novel* ini, prosesnya dimodelkan menggunakan Sistem Persamaan Linear (SPL) dan diselesaikan dengan metode eliminasi Gauss-Jordan. Pemodelan ini dipilih karena memberikan pendekatan matematis yang terstruktur untuk memverifikasi keterkaitan antara pilihan pemain dan rute cerita yang dihasilkan. Dengan SPL, setiap aturan dan hubungan logis dalam permainan dapat direpresentasikan secara eksplisit, sehingga memudahkan proses pembuktian konsistensi logika permainan.

Penyelesaian SPL menunjukkan bahwa aturan-aturan yang telah ditetapkan dalam permainan, seperti jumlah lokasi yang dipilih untuk setiap heroine dan syarat untuk mencapai rute tertentu, dapat diverifikasi dengan tepat. Hasil analisis membuktikan bahwa semua pilihan dan konsekuensi yang dihasilkan sesuai dengan logika permainan yang telah dirancang, tanpa ada ketidaksesuaian atau inkonsistensi.

Namun, perlu dicatat bahwa pembuktian logika permainan ini dapat dilakukan dengan pendekatan lain di luar SPL, seperti simulasi berbasis logika atau algoritma graf. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengeksplorasi metode alternatif yang mungkin lebih efektif atau intuitif dalam memverifikasi logika pilihan dalam permainan secara menyeluruh.

VI. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Judhi Santoso dan Bapak Arrival Dwi Sentosa sebagai dosen pengampu mata kuliah IF2123 Aljabar Linier dan Geometri pada Semester I Tahun Akademik 2024/2025 untuk Kelas K-3. Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada Bapak Rinaldi Munir atas pengelolaan situs web <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir>, yang menyediakan beragam materi relevan dan menjadi referensi utama untuk teori-teori yang dibahas dalam tulisan ini.

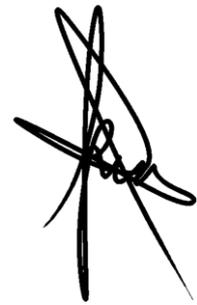
REFERENCES

- [1] "Study § Steady," The Visual Novel Database. [Online]. Available: <https://vndb.org/v24689>. [Accessed: 2-Jan-2025].
- [2] R. Munir, "Sistem Persamaan Linier (Bagian, 1)." [Online]. Available: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-03-Sistem-Persamaan-Linier-2023.pdf>. [Accessed: 30-Dec-2024].
- [3] R. Munir, "Sistem Persamaan Linier (Bagian, 2)." [Online]. Available: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-03-Sistem-Persamaan-Linier-2023.pdf>. [Accessed: 30-Dec-2024].
- [4] R. Munir, "Review Matriks." [Online]. Available: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-01-Review-Matriks-2023.pdf>. [Accessed: 30-Dec-2024].

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 2 Januari 2025



Frederiko Eldad Mugiyono 13523147