

Implementasi Aljabar Vektor dalam Permainan Counter Strike : Global Offensive

Devin Lukianto - 13514040
Program Studi Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13514040@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Aljabar vektor merupakan salah satu pokok bahasan yang terdapat dalam ilmu aljabar geometri. Dalam dunia permainan digital, penggunaan vektor sangatlah esensial, terutama untuk permainan yang memiliki dimensi dan arah. Counter Strike : Global Offensive merupakan sebuah permainan FPS yang banyak menggunakan aljabar vektor dalam *gameplay*-nya. Terdapat berbagai implementasi aljabar vektor dalam permainan ini diantaranya dalam hal posisi pemain, *tracing path* granat, arah dan proyeksi tembakan, *radar*, dsb.

Keywords—aljabar geometri, Counter Strike, permainan digital, vektor.

I. PENDAHULUAN

Counter Strike : Global Offensive merupakan sebuah permainan *online* dengan *genre* FPS (*First Person Shooter*) yang dikembangkan oleh Hidden Path Entertainment bersama dengan Valve Corporation. Berawal sejak seri pertamanya, Counter Strike, yang dipublikasikan pada tahun 1999, Counter Strike : Global Offensive merupakan seri keempat sekaligus menjadi versi paling modern dari jajaran permainan Counter Strike yang pernah ada.^[1]



Gambar 1. Counter Strike : Global Offensive

(Sumber:http://www.digiseller.ru/preview/543792/p1_1999859_566db00b.jpg diakses pada 5 Desember 2015 pukul 11:22 WIB)

Counter Strike : Global Offensive merupakan permainan kedua yang menggunakan Source sebagai 3D *video game engine* yang diciptakan oleh Valve

Corporation. Penggunaan Source sebagai *engine* utama dalam pembuatan permainan ini ini membawa Counter Strike ke dalam era baru permainan digital, baik dari segi grafis maupun *gameplay*.^[2]

Pada dasarnya, tujuan yang terdapat dalam permainan ini adalah mengalahkan lawan yang berada di dalam tim yang berbeda dengan tim pemain. Terdapat dua tim utama yang terdapat dalam permainan ini, yaitu *Terrorist* dan *Counter Terrorist*. Berbeda dengan Counter Strike versi pendahulunya, Counter Strike : Global Offensive menawarkan sistem permainan yang lebih bervariasi diantaranya: *Casual* dan *Competitive* dengan skenario permainan bom (*Bomb Scenario*) ataupun sandera (*Hostage Scenario*), *Arms Race*, *Deathmatch*, dan *Demolition*.

Seperti yang telah kita ketahui, penerapan aljabar geometri dalam pembuatan permainan berdimensi merupakan hal yang esensial. Permainan Counter Strike : Global Offensive juga menerapkan implementasi dari aljabar geometri tersebut melalui kode-kode yang terdapat dalam *engine* Source yang digunakan untuk pembuatannya. Dalam makalah ini, penulis akan membahas beberapa penerapan dan implementasi dasar dari ilmu aljabar vektor yang terdapat dalam elemen permainan ini.

II. DASAR TEORI

Vektor merupakan sebuah besaran yang memiliki arah. Dalam ilmu fisika, permasalahan seperti gerak dan gaya dapat dipecahkan dengan penerapan vektor. Vektor yang akan dibahas kali ini merupakan vektor sebagai kajian ilmu aljabar, dimana secara geometri, vektor ini memiliki besar (direpresentasikan dengan panjang vektor tersebut) dan arah (orientasi arah vektor tersebut relatif terhadap sumbu koordinat).^{[3][4]}

A. Komponen dan Notasi Vektor

Sebuah vektor dapat dibentuk dari dua buah titik yang terdapat pada suatu koordinat. Jika kedua titik tersebut dihubungkan, maka vektor akan terbentuk dengan satu titik menjadi pangkal vektor, dan titik lainnya menjadi ujung vektor. Jika dalam sebuah ruang terdapat dua buah titik,

yaitu titik A (a_1, a_2, a_3) , dan titik B (b_1, b_2, b_3) , yang dihubungkan oleh sebuah vektor yang berpangkal di titik A dan berujung di titik B, maka vektor tersebut memiliki komponen sebagai berikut:

$$\overrightarrow{AB} = \begin{pmatrix} b_1 - a_1 \\ b_2 - a_2 \\ b_3 - a_3 \end{pmatrix}$$

Sama seperti vektor yang memiliki pangkal di titik pusat O $(0,0,0)$ dan berujung pada suatu titik C (c_1, c_2, c_3) , maka vektor posisi \overrightarrow{OC} dapat kita tuliskan sebagai berikut:

$$\overrightarrow{OC} = \vec{c} = \begin{pmatrix} c_1 - 0 \\ c_2 - 0 \\ c_3 - 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}$$

Terdapat beberapa cara untuk menyatakan vektor. Berikut ini adalah penulisan notasi vektor \vec{v} dengan komponen v_1, v_2 , dan v_3 :

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix}$$

$$\vec{v} = (v_1, v_2, v_3)$$

$$\vec{v} = v_1\vec{i} + v_2\vec{j} + v_3\vec{k}$$

B. Operasi Vektor

✓ Panjang Vektor

Misalkan terdapat vektor $\vec{u} = (u_1, u_2, u_3)$ pada sebuah ruang, maka panjang vektor tersebut adalah:

$$\|\vec{u}\| = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}$$

✓ Penjumlahan/Pengurangan Vektor

Misalkan terdapat vektor \vec{u} dan \vec{v} yang merupakan kedua buah vektor yang berbeda di ruang yang sama, maka vektor $\vec{u} \pm \vec{v}$ merupakan sebuah vektor yang memiliki titik pangkal yang sama dengan titik pangkal vektor \vec{u} dan ujung vektor yang sama dengan ujung vektor \vec{v} .

Jika $\vec{u} = (u_1, u_2, u_3)$ dan $\vec{v} = (v_1, v_2, v_3)$, maka:

$$\vec{u} \pm \vec{v} = \begin{pmatrix} u_1 \pm v_1 \\ u_2 \pm v_2 \\ u_3 \pm v_3 \end{pmatrix}$$

✓ Perkalian Vektor dengan Skalar

Misalkan terdapat vektor tak nol \vec{v} dan sebuah k yang merupakan konstanta skalar. Maka perkalian vektor \vec{v} dengan skalar k dapat kita definisikan sebagai $k\vec{v}$ yang berarti vektor yang panjangnya k kali vektor \vec{v} . Adapun ketentuan arah pada perkalian ini adalah sebagai berikut:

- Jika $k > 0$ maka searah dengan \vec{v}
- Jika $k < 0$ maka berlawanan arah dengan \vec{v}

✓ Perkalian Dua Buah Vektor

Perkalian dua buah vektor hanya dapat kita lakukan jika kedua vektor tersebut berada pada ruang yang sama. Terdapat dua jenis perkalian dua buah vektor, yaitu:

- Hasil kali titik (*dot product*)

Hasil kali titik dua vektor merupakan operasi antara dua buah vektor yang akan menghasilkan sebuah skalar. Misalkan terdapat vektor \vec{u} dan \vec{v} yang merupakan kedua buah vektor yang berbeda di ruang yang sama, maka hasil kali titik antara \vec{u} dan \vec{v} didefinisikan oleh:

$$\vec{u} \cdot \vec{v} = \|\vec{u}\| \|\vec{v}\| \cos \alpha$$

dimana $\|\vec{u}\|$ merupakan panjang vektor \vec{u} , $\|\vec{v}\|$ merupakan panjang vektor \vec{v} , dan α merupakan sudut yang dibentuk antara vektor \vec{u} dan \vec{v} .

Selain itu, hasil kali titik juga dapat didefinisikan sebagai bentuk lain yaitu:

$$\vec{u} \cdot \vec{v} = u_1v_1 + u_2v_2 + \dots + u_nv_n$$

Dalam hasil kali titik, berlaku sifat komutatif, dan distributif.

- Hasil kali silang (*cross product*)

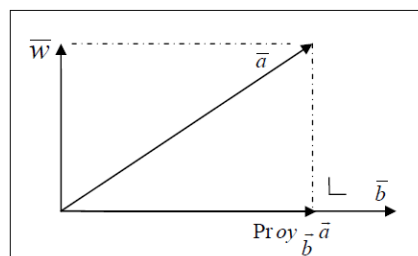
Hasil kali silang merupakan perkalian dua buah vektor yang akan menghasilkan sebuah vektor yang baru yang arahnya tegak lurus terhadap bidang dari kedua vektor yang dikalikan tadi berada.

Misalkan terdapat vektor \vec{u} dan \vec{v} yang merupakan kedua buah vektor yang berbeda di ruang yang sama, maka hasil kali silang antara \vec{u} dan \vec{v} adalah:

$$\vec{u} \times \vec{v} = \|\vec{u}\| \|\vec{v}\| \sin \alpha$$

✓ Proyeksi Ortogonal Vektor

Proyeksi ortogonal suatu vektor terhadap vektor lainnya dapat digambarkan dengan^[4]:



Gambar 2. Proyeksi Ortogonal vektor \vec{a} terhadap vektor \vec{b} ^[4]

Misal vektor \vec{c} merupakan hasil proyeksi vektor \vec{a} terhadap \vec{b} , maka dapat kita peroleh bahwa:

$$\vec{c} = \text{proy}_{\vec{b}} \vec{a} = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{\|\vec{b}\|^2} \vec{b}$$

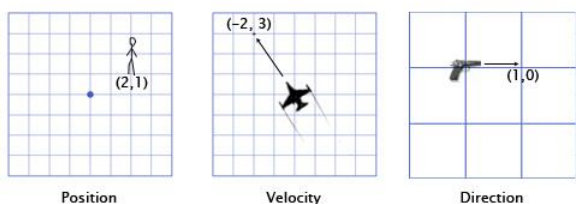
III. APLIKASI VEKTOR PADA COUNTER STRIKE : GLOBAL OFFENSIVE

Dalam permainan Counter Strike : Global Offensive informasi dari berbagai macam objek merupakan hal yang esensial, sehingga kita bisa menentukan dalam suatu koordinat, apakah merupakan tembok, lantai, ataupun langit-langit. Dalam hal ini, karakter pemain dalam permainan juga merupakan objek, yang juga memiliki informasinya sendiri. Informasi mengenai posisi pemain sangatlah penting. Hal ini dapat menentukan apakah pemain tersebut terkena tembakan dari musuh, terkena efek ledakan dari granat maupun bom, dan juga apakah pemain tersebut dalam sudut pandang yang dapat dilihat oleh musuh. Maka dari itu, permainan ini tentunya tidak terlepas dari implementasi aljabar vektor untuk membuat permainan dapat berjalan dengan baik. Terdapat 5 hal dalam permainan yang penulis ingin bahas dalam makalah ini, yaitu mengenai vektor dalam dasar permainan, trajectory path granat, arah peluru, serta radar dan sudut pandang pemain.

1. Vektor dalam Dasar Permainan

Dalam permainan Counter Strike : Global Offensive, sebuah lokasi arena bermain seluruhnya terdiri dari desain yang dibuat dengan Valve Hammer Editor^[5] (aplikasi untuk membuat elemen Counter Strike) yang berbasis vektor. Ketinggian dinding, elevasi tanah, bahkan objek semua didesain secara terukur dengan sebuah satuan yang telah ditetapkan oleh *developer* pada *editor* 3D tersebut. Penerapan vektor dalam membuat arena ini merupakan hal yang penting untuk menjamin bahwa permainan dapat dilakukan dengan lancar pada lokasi arena ini.

Koordinat sebuah objek dalam permainan ini dibuat saat orang merancang arena bermain untuk permainan ini. Contoh sederhananya yaitu terdapat sebuah peta yang di tengah peta tersebut terdapat pula sebuah objek padat (objek yang dirancang untuk tidak dapat ditembus oleh objek lain) kotak boks berukuran besar. Maka jika posisi koordinat objek pemain, yang juga merupakan objek padat, bersinggungan dengan seluruh titik koordinat tempat objek padat kotak boks tersebut berada, pemain tidak bisa maju ke arah objek tersebut dan menembusnya.



Gambar 3. Posisi, Kecepatan, dan Arah

(Sumber: <http://blog.wolfire.com/2009/07/linear-algebra-for-game-developers-part-1/> diakses pada 12 Desember 2015 pukul 22:00 WIB)

Dalam standar permainan Counter Strike, terdapat suatu variabel yang menyimpan data perpindahan yang

dapat dilakukan oleh objek pemain dalam permainan. ^[6]Misal untuk berlari, kecepatan pemain adalah sebesar 190 unit tiap detiknya. Kecepatan ini dibutuhkan agar permainan dapat mensimulasikan perpindahan pemain di dalam arena dari suatu titik ke titik tertentu. Ada pula variabel gravitasi, yang menyebabkan objek pemain dapat melakukan simulasi mendarat setelah melompat, turun tangga, dsb. Selain berlari, gerakan melompat juga membutuhkan perhitungan yang lebih rumit yang melibatkan variabel lain seperti percepatan vertikal.

Jarak juga merupakan elemen penting dalam permainan untuk menentukan apakah suatu pemain terkena dampak ledakan bom, seberapa besar *damage* yang diterima, dsb. Untuk menentukan jarak, tentu dibutuhkan perhitungan vektor pengurangan vektor dari posisi bom terhadap posisi pemain. Jika pemain masih berada dalam radius ledakan, maka pemain dapat terkena *damage*. Dalam implementasinya, dapat ditambahkan bermacam-macam aspek seperti efek dari dinding dan objek padat lain sebagai pelindung pemain untuk mengurangi efek ledakan, dsb.

Dalam segala hal yang dibahas diatas, penjumlahan dan pengurangan vektor merupakan operasi utama yang digunakan untuk mensimulasikan objek-objek dalam permainan, baik dari segi dimensi, posisi, perpindahan, dsb.

2. Trajectory Path Granat

Masih berkuat dalam permasalahan posisi dalam koordinat, objek granat pun juga memiliki variabel tersendiri untuk mensimulasikan gerakan dari granat tersebut. Variabel kecepatan awal yang direpresentasikan dalam vektor merupakan variabel utama yang nantinya akan di proses untuk menghasilkan lintasan granat dalam permainan.



Gambar 4. Trajectory Path Granat, digambarkan dalam permainan sebagai garis hitam-kuning.

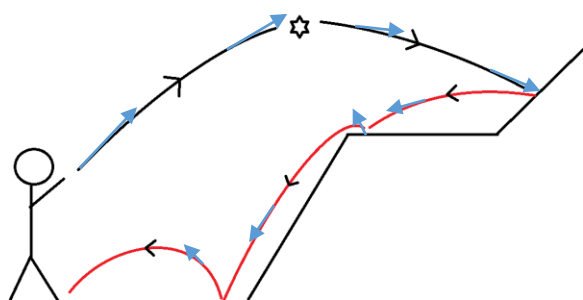
(Sumber:

<https://steamcommunity.com/sharedfiles/filedetails/?id=257345651> diakses pada 12 Desember 2015 pukul 22:40 WIB)

Trajectory Path granat ini menggunakan implementasi dari vektor untuk meng gambarkannya, begitu juga untuk mensimulasikan gerakan dari granatnya. Semisal seorang pemain ingin melempar granat ke dinding dengan arah

tertentu. Pantulan granat terhadap dinding tersebut disimulasikan oleh implementasi vektor refleksi dan kode momentum yang telah dibuat oleh *developer* terhadap vektor kecepatan dari granatnya. Sehingga memungkinkan terjadinya perubahan arah gerak granat. Tidak lupa bahwa kecepatan granat yang semakin melambat juga dapat terjadi karena adanya rekayasa pada nilai vektor kecepatan granat tersebut.

Untuk permasalahan posisi, penjumlahan dan pengurangan vektor sangatlah dibutuhkan untuk mengkalkulasi simulasi pergerakan granat. Selain itu, perkalian vektor dengan skalar juga dilakukan untuk mengurangi kecepatan granat, misalnya kecepatan granat yang menyentuh tanah akan dikali dengan koefisien gesek yang telah ada sebelumnya dalam program.



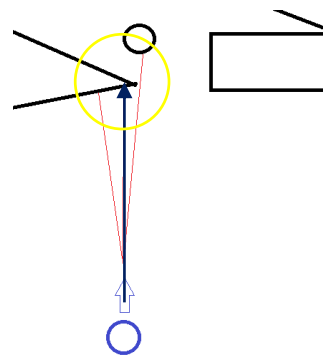
Gambar 5. Simulasi Vektor dalam Lintasan Granat

3. Arah Peluru

Arah peluru dalam permainan Counter Strike : Global Offensive ditentukan oleh sebuah metode yang dinamakan *hitscanning*. Alih-alih menggunakan peluru yang dirancang dengan kode fisika nyata, peluru dalam permainan ini menggunakan metode *hitscanning*^[7] dengan sebuah vektor tak kelihatan yang bervariasi ukurannya, dengan ujungnya adalah koordinat objek padat yang tidak dapat ditembus, dan pangkalnya adalah objek pemain yang sedang memegang senjata tersebut, dimana vektor tersebut searah dengan arah pandang objek pemain.

Untuk membuatnya lebih nyata, programmer permainan ini menerapkan sistem akurasi dimana vektor yang dibentuk tidak hanya berupa sebuah garis lurus, namun berupa banyak garis lurus dengan daerah kemungkinan arah peluru, sehingga peluru bisa mengarah ke arah yang acak dalam daerah tersebut. Tingkat acak dalam arah peluru inilah yang di atur sesuai dengan akurasi dari sebuah senjata. Jika pemain lawan dalam area akurasi bidikan, dan akurasi pemain yang menembak adalah 100 persen, maka peluru tersebut dapat mengenai pemain lawan.

Anggap pemain biru (pada Gambar 6) sedang menghadap arah sesuai panah besar. Maka vektor *hitscanning* (digambarkan sebagai panah kecil) akan mengarah searah dengan arah pandang pemain. Jika pemain tersebut menembakkan senjatanya, maka ada kemungkinan pemain lawan akan terkena peluru tersebut



Gambar 6. Simulasi Hitscanning pada Tembakan Pemain

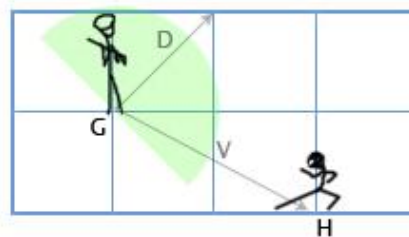
dikarenakan algoritma acak yang merepresentasikan akurasi arah peluru masih mendeteksi bahwa pemain lawan masih terdeteksi dalam area arah vektor suatu peluru yang ditembakkan (lingkaran kuning).

Aplikasi *hitscanning* ini juga dapat ditentukan alternatifnya seperti mengalikan vektor arah peluru yang sebenarnya sejajar dengan vektor *hitscanning* pemain sehingga menimbulkan efek akurasi acak sesuai probabilitasnya, dsb.

4. Field of View Player

Dalam permainan Counter Strike : Global Offensive, pemain memiliki pandangan orang pertama (*first-person*) dalam penglihatan *visual* game ini. Pandangan ini mensimulasikan pandangan mata manusia, dan diatur untuk memiliki *field of view* kira-kira 75 derajat^[6]. Maka dari itu, terdapat daerah yang tidak langsung dapat dilihat oleh pemain saat pemain sedang menghadap ke suatu arah tertentu.

Implementasi vektor dalam FOV ini biasa berguna untuk menjadi salah satu indikator untuk mensimulasikan gerakan AI (*bot*) dalam permainan. Masalah yang utama dalam hal ini adalah, apakah pemain lawan terlihat dalam pandangan AI tersebut? Masalah ini dapat dipecahkan dengan menggunakan perhitungan vektor yaitu hasil kali titik. Penulis akan memberikan contoh implementasi dari permasalahan ini pada kasus dibawah:



Gambar 7. Simulasi Field of View dari Pemain

(Sumber: <http://blog.wolfire.com/2009/07/linear-algebra-for-game-developers-part-2/> diakses pada 13 Desember 2015 pukul 00:36 WIB)

^[8]Misalkan pemain dengan senjata berada pada posisi G (1,3) dengan pandangan lurus ke arah D (1,1), dengan

variabel *field of view* sebesar 180 derajat. Jika terdapat pemain lain yang mengendap-endap pada posisi H (3,2), maka pemain tersebut masih berada dalam *field of view* dari pemain bersenjata. Hal ini dapat kita peroleh dengan mengoperasikan hasil kali titik dari vektor jarak kedua pemain, dan vektor posisi pemain yang mengendap-endap tersebut.

$$\vec{v} = \vec{H} - \vec{G}$$

$$\vec{v} = (3,2) - (1,3) = (2,-1)$$

$$\vec{D} \cdot \vec{v} = (1,1) \cdot (2,-1) = 1$$

Sudut maksimal pandangan adalah 180 derajat, yang diasumsikan sebagai pandangan 90 derajat ke kiri, dan 90 derajat ke kanan, sehingga batas terlihat atau tidak adalah ketika hasil perkalian titiknya lebih dari 0. Karena hasil perkalian titiknya adalah positif, maka pemain yang mengendap-endap tersebut terbukti masih dalam berada jarak pandang pemain bersenjata tersebut.

5. Mini-radar

Mini-radar merupakan sebuah objek yang normalnya terletak pada sudut kiri atas layar permainan, yang berguna untuk mengetahui posisi dan pergerakan pemain kawan, posisi tempat bom, dsb.



Gambar 8. Mini-radar.

(Sumber:

<http://steamcommunity.com/sharedfiles/filedetails/?id=438498024> diakses pada 13 Desember 2015 pukul 01:34 WIB)

Implementasi *mini-radar* menggunakan pergerakan yang sama dengan pergerakan dan perubahan posisi objek pemain dalam arena permainan. Namun vektor perpindahannya dikalikan dengan suatu variabel agar menjadi sebuah proyeksi lebih kecilnya, sehingga dapat disimulasikan sebagai pergerakan *real-time* di *mini-radar*. Karena *mini-radar* hanyalah gambaran dua dimensi dari permainan yang terjadi, maka variabel posisi ketinggian pemain hanyalah dibandingkan nilainya saja. Jika pemain lain berada pada posisi yang lebih tinggi dari kita, maka lambang yang ditampilkan diradar akan berbeda. Begitu juga saat posisi ketinggian pemain lain sama, ataupun lebih rendah dari posisi pemain kita.

IV. KESIMPULAN

Counter Strike : Global Offensive merupakan sebuah permainan yang mengimplementasikan penggunaan

aljabar geometri dalam permainnya. Penerapan yang sangat esensial pada permainan ini yaitu mengenai aljabar vektor. Adapun dengan ilmu aljabar vektor ini, permainan dapat menentukan bagaimana posisi objek, perpindahan objek pemain maupun granat, arah peluru dan akurasi, *field of view* pemain, juga bagaimana *mini-radar* bekerja. Adapun ilmu aljabar vektor yang digunakan kebanyakan berkuat pada permasalahan operasi vektor dalam dimensinya, seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian titik, dsb.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama penulis mengucapkan terima kasih dan segala puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat yang diberikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini tepat pada waktunya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada orang tua penulis, yang senantiasa mendukung dan mendoakan penulis sehingga sekarang penulis dapat menuntut ilmu di Institut Teknologi Bandung dan mengerjakan makalah ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen mata kuliah IF2120 yang penulis hormati, yaitu Bapak Dr. Rinaldi Munir, juga Bapak Judhi Santoso, M.Sc, atas segala ilmu yang beliau berikan kepada penulis selama kurang lebih satu semester ini. Tidak lupa penulis berterima kasih kepada teman-teman yang telah mendukung dan memberikan semangat selama penulis membuat makalah ini. Akhir kata, semoga makalah ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

REFERENSI

- [1] <http://blog.counter-strike.net/> diakses pada 5 Desember 2015 pukul 11:23
- [2] https://developer.valvesoftware.com/wiki/Source_Engine_Features diakses pada 5 Desember 2015 pukul 11:58
- [3] <http://uyuhan.com/matematika/vektor/rangkuman-vektor-aljabar.php> diakses pada 11 Desember 2015 pukul 20:40
- [4] <http://adiwijaya.staff.telkomuniversity.ac.id> diakses pada 11 Desember pukul 21:15
- [5] https://developer.valvesoftware.com/wiki/Valve_Hammer_Editor diakses pada 11 Desember 2015 pukul 23:08
- [6] <https://developer.valvesoftware.com/wiki/Dimensions> diakses pada 12 Desember 2015 pukul 23:40
- [7] <http://gaming.stackexchange.com/questions/176936/bullet-speeds-in-cs-go> diakses pada 12 Desember 2015 pukul 23:10
- [8] <http://blog.wolfire.com/2009/07/linear-algebra-for-game-developers-part-2/> diakses pada 13 Desember 2015 pukul 00:25

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, 15 Desember 2015

Devin Lukianto
13514040