

Implementasi Vektor Pada Game

Fanatical Football

Praditya Raudi Avinanto 13514087

Program Studi Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

13514087@std.stei.itb.ac.id

Abstrak— Teknologi di seluruh dunia sudah berkembang cukup pesat di era sekarang ini. Hal ini dapat dirasakan langsung dari banyaknya penemuan – penemuan spektakuler yang dapat membantu kebutuhan hidup manusia baik dalam bidang mesin, informasi, dan juga elektronika.

Beberapa contoh kemajuan atau perkembangan teknologi di bidang informasi dan elektronik ialah terciptanya internet, sosial media, laptop atau komputer dengan segala kemajuannya serta gadget – gadgetnya dan lain sebagainya. Dalam pembuatan komputer kita perlu juga yang dinamakan software untuk menyelesaikan suatu persoalan yang spesifik. Pembuatan komputer dan software itu sendiri tidak lepas dari ilmu dasar sains dan matematik. Contoh ilmu terapan matematik yang digunakan ialah aljabar, geometri, matematika diskrit dan lain sebagainya. Salah satu software yang paling berkembang di era sekarang ialah games baik itu games komputer maupun gadget.

Disini kita akan membahas mengenai salah satu game yang menggunakan salah satu cabang ilmu matematik yang sangat penting untuk pembuatan beberapa jenis game yaitu vektor, dan nama game nya ialah Fanatical Football. Fanatical Football ialah game yang memainkan olahraga American Football. Permainan ini bersifat offline dan hanya bisa dimainkan satu orang saja melawan Artificial Intelligence (AI). Terdapat banyak aplikasi vektor dalam permainan ini.

Kata Kunci—Games, Vektor, Geometri, Fanatical Football.

I. PENDAHULUAN

Teknologi di seluruh dunia sudah berkembang cukup pesat di era sekarang ini. Perkembangan teknologi dunia ini dipacu oleh banyak faktor antara lain meningkatnya kecerdasan manusia dan kreatifitasnya dari waktu ke waktu, kebutuhan hidup yang dirasa penyelesaian masalahnya kurang efisien, serta faktor lingkungan yang kompetitif antara para pemikir. Namun faktor – faktor tadi terbukti membuahkan hal yang positif. Hal ini dapat dirasakan langsung dari banyaknya penemuan – penemuan spektakuler yang dapat membantu kebutuhan hidup manusia baik dalam bidang mesin, informasi, dan juga elektronika. Perkembangan di bidang mesin sangat bermanfaat bagi dunia industri dan transportasi, misalnya mobil, motor, kereta, kereta listrik, robot

pembuat mobil dan produk industri lainnya. Sedangkan untuk bidang elektronika dimulai dengan penemuan Thomas Alfa Edison yaitu bola lampu hingga televisi, radio, kulkas dan lain sebagainya. Akan tetapi penemuan dan perkembangan teknologi elektronika pada era sekarang sedang menjurus pada sumber energi, seperti pembuatan generator, pembangkit listrik, panel surya dan lain sebagainya. Hal ini dikarenakan sumber daya energi sudah mulai menipis di bumi ini. Selain berfokus pada alternatif energi pada era sekarang ini perkembangan yang masih sangat berpotensi untuk berkembang ialah dalam bidang teknologi informasi. Beberapa contoh kemajuan atau perkembangan teknologi di bidang informasi internet, sosial media, games, software, operating system dan lain sebagainya.

Dalam pembuatan komputer kita perlu juga yang dinamakan software untuk menyelesaikan suatu persoalan yang spesifik. Pembuatan komputer dan software itu sendiri tidak lepas dari ilmu dasar sains dan matematik. Contoh ilmu terapan matematik yang digunakan ialah aljabar, geometri, matematika diskrit dan lain sebagainya. Salah satu software yang paling berkembang di era sekarang ialah games baik itu games komputer maupun gadget.

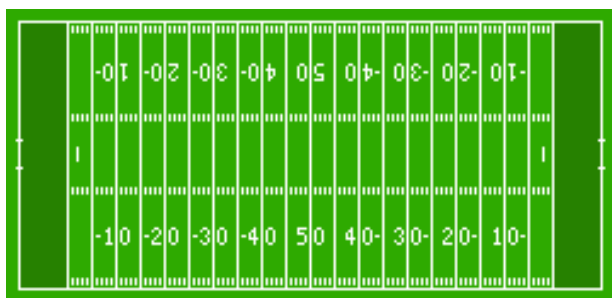
Disini kita akan membahas mengenai salah satu game yaitu Fanatical Football. Fanatical Football ialah game yang memainkan olahraga American Football. Permainan ini bersifat offline dan hanya bisa dimainkan satu orang saja melawan Artificial Intelligence (AI). Alasan saya memilih game ini karena game ini banyak menggunakan salah satu cabang ilmu terapan matematika pada saat pembuatannya yaitu vektor. Selain itu game ini merupakan salah satu game yang cukup terkenal di kalangan remaja pecinta American Football, dan sangat mudah untuk dimainkan. Dan tidak hanya itu, game ini merupakan game yang cukup sederhana sehingga akan mudah untuk dijelaskan implementasi vektor dalam proses memainkannya baik dari segi pemain maupun Artificial Intelligencenya. Vektor yang digunakan dalam permainan ini merupakan operasi vektor yang sederhana pula sehingga diharapkan pembaca dapat mudah memahain implementasinya pada makalah ini.

II. DASAR TEORI

A. American Football

American football yang sangat dikenal di Amerika Serikat dan Kanada sebagai *football* adalah olahraga yang dimainkan dua tim yang masing-masing terdiri dari 11 pemain. Permainan menggunakan bola yang disebut *football* (bola kaki), berbentuk oval dan berwarna coklat. Kedua ujung lapangan disebut bidang *endzone* yang merupakan daerah gawang lawan. Tim yang menyerang mendapat 1 set kesempatan yang terdiri dari 4 kali *down* untuk membawa bola sejauh 10 yard ke bidang *endzone* lawan. Bola dibawa dengan tangan sambil berlari atau dilemparkan kepada rekan satu tim, sampai gerak maju tim yang menyerang berhasil dihentikan tim bertahan. Skor dicetak dengan cara membawa atau meletakkan bola di luar garis gawang pada sisi *endzone* lawan, atau menendang bola hingga melewati gawang lawan. Tim pencetak skor terbanyak setelah selesainya 4 babak permainan dinyatakan sebagai pemenang. Pertandingan bisa berakhir seri bila tidak ada pemenang setelah diadakan perpanjangan waktu. Waktu bermain dihitung secara teliti detik demi detik, dan peraturan bermain diawasi secara ketat karena melibatkan benturan fisik antar pemain.

Sepak bola Amerika dimainkan di atas lapangan berbentuk segi empat, dengan panjang 120 yard (110 meter) dan lebar $53 \frac{1}{3}$ yard (49 meter). Garis paling luar di sepanjang lapangan disebut *sideline* (garis sisi), sedangkan garis paling luar di kedua ujung lapangan disebut *end line* (garis akhir). Di kedua sisi kiri dan kanan lapangan terdapat *goal line* (garis gawang). Jarak antara kedua sisi garis gawang adalah 100 yard. Bidang tempat mencetak skor disebut *end zone* (zona akhir) dan panjangnya 10 yard dihitung dari garis gawang sampai ke garis akhir.



Gambar 1. Lapangan American Football (Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Sepak_bola_Amerika 15 Desember 2015)

Sebagian besar pemain sepak bola Amerika memiliki peran yang sangat terspesialisasi. Seorang pemain NFL atau pemain tingkat perguruan tinggi hanya perlu bermain sebagai pemain penyerang atau pemain bertahan saja.

Pihak Penyerang

- Barisan penyerang yang disebut *offensive line* (OL) terdiri dari 5 pemain yang bertugas melindungi pelempar bola, dan membuka jalan

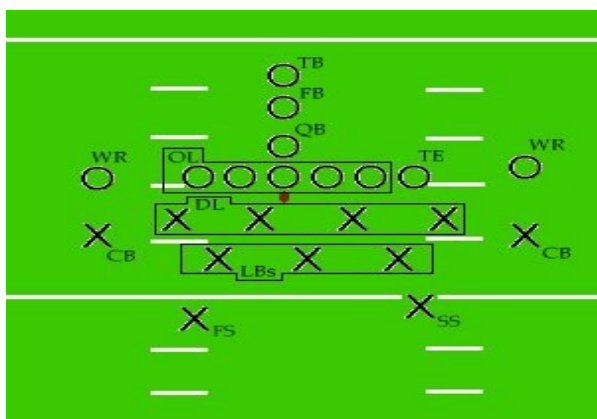
bagi rekan sesama tim yang berlari sambil membawa bola dengan menghalangi anggota tim bertahan. Selain pemain yang bertugas sebagai *center*, anggota barisan penyerang biasanya tidak bertugas membawa lari bola.

- Pemain *quarterback* (QB) adalah seorang pemain yang menerima operan *snap* ketika *play* (pergerakan bola) dimulai. Pemain *quarterback* bisa memilih untuk menyerahkan bola kepada pemain *running back* (RB), melemparkannya ke pemain lain, atau sendirian membawa lari bola.
- Barisan pemain *running back* (RB) berjajar di belakang atau di samping pemain *quarterback* dengan tugas khusus membawa lari bola. Selain itu, pemain RB juga bertugas memblok dan menangkap lemparan bola, dan kadang-kadang menyerahkan bola ke rekan sesama pemain RB. Bila tim memiliki 2 pemain RB, seorang pemain bertindak sebagai *halfback* (HB), dan seorang lagi bertindak sebagai *tailback* (TB) yang kemungkinan besar bertugas lari membawa bola sambil dilindungi pemain yang bertugas sebagai *fullback* (FB).
- Pemain *wide receiver* (WR) yang berdiri di sisi kiri-kanan garis dan bertugas menangkap lemparan ke depan.
- Barisan pemain *tight end* (TE) yang berjajar di luar barisan penyerang, dan bisa menangkap lemparan ke depan (seperti pemain *wide receiver*) atau melindungi pemain *quarterback* sekaligus membuka ruang bagi pemain yang lari membawa bola.

Pihak Bertahan

- *Defensive line* terdiri dari 3 sampai 6 pemain yang berjajar berhadapan dengan barisan penyerang lawan. Pemain dari barisan pertahanan berusaha menekel pemain *running back* yang membawa bola agar bola tidak berhasil dibawa lebih jauh, atau menekel pemain *quarterback* agar tidak bisa melempar atau mengoper bola.
- Dalam sebagian besar situasi permainan, tim bertahan setidaknya-tidaknya menugaskan minimal 4 pemain sebagai pemain bek bertahan (disebut *defensive back*) yang dibagi menjadi *safeties* dan *cornerback*. *Cornerback* biasanya mengisi sisi kiri dan sisi kanan pertahanan, sementara *safeties* cenderung menjadi garis pertahanan terakhir dari suatu skema pertahanan. Tugas **defensive back** menghalang-halangi pemain lawan yang menerima lemparan bola (khususnya yang bermain di "cornerback"), dan berusaha agar lemparan tidak berhasil ditangkap atau menjadikan lemparan dinyatakan tidak komplit oleh wasit. Pemain bek bertahan sering juga bertugas menerjang pemain *quarterback*.
- Pemain *linebacker* menempati posisi antara *defensive line* (barisan pertahanan) dan pemain

bek bertahan, tugasnya menerjang pemain *quarterback*, menghalang-halangi pemain lawan yang mungkin akan diberi lemparan, atau menghentikan pemain yang membawa lari bola, misal *running back*.



Gambar 2. Posisi Pemain American Football (Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Sepak_bola_Amerika 15 Desember 2015)

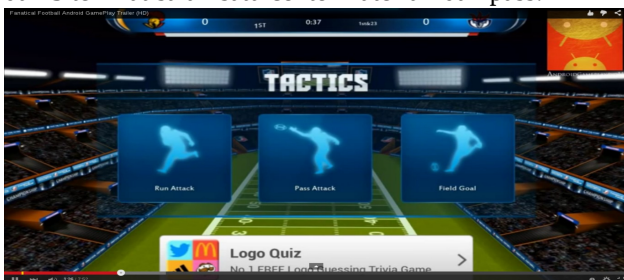
B. Fanatical Football

Fanatical Football ialah sport game American Football untuk gadget. Game ini memiliki sudut pandang TPS (Third Person Shooter) seperti pada gambar 3 dan hanya dapat memainkan satu player saja dalam satu tim. Terlihat pada gambar juga ada beberapa tombol untuk berbagai aksi, seperti dash, belok, roll, dan tackle.



Gambar 3. Interface Gameplay Fanatical Football (Sumber : https://www.youtube.com/watch?v=p8WTXhS0_RE 15 Desember 2015)

Game ini memiliki tiga jenis serangan yaitu run, pass, dan kick akan tetapi disini kita akan hanya akan membahas tentang pass dan run saja. Sedangkan untuk defense kita hanya diharuskan untuk menjatuhkan lawan atau merebut bola dengan gerakan bebas. Pada gambar 4 dan 5 terlihat salah satu contoh rute run dan pass.



Gambar 4. Pilihan Strategi Penyerangan (Sumber : https://www.youtube.com/watch?v=p8WTXhS0_RE 15 Desember 2015)



Gambar 5. Rute Penyerangan Run atau Pass. (Sumber : https://www.youtube.com/watch?v=p8WTXhS0_RE 15 Desember 2015)

C. Vektor

Vektor dalam matematika dan fisika adalah obyek geometri yang memiliki besar dan arah. Vektor jika digambar dilambangkan dengan tanda panah (\rightarrow). Besar vektor proporsional dengan panjang panah dan arahnya bertepatan dengan arah panah. Vektor dapat melambangkan perpindahan dari titik A ke B. Vektor sering ditandai sebagai

$$\overrightarrow{AB}$$

Vektor berperan penting dalam fisika: posisi, kecepatan dan percepatan obyek yang bergerak dan gaya dideskripsikan sebagai vektor. Untuk mencari panjang sebuah vektor dalam ruang euklidian tiga dimensi, dapat digunakan cara berikut:

$$\|\mathbf{a}\| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2}$$

yang merupakan konsekuensi dari Teorema Pythagoras karena vektor dasar \mathbf{e}_1 , \mathbf{e}_2 , \mathbf{e}_3 merupakan vektor-vektor satuan ortogonal.

Ini sama dengan akar pangkat dua produk titik dari vektor itu sendiri:

$$\|\mathbf{a}\| = \sqrt{\mathbf{a} \cdot \mathbf{a}}$$

Vektor satuan (unit vector)

Vektor satuan (*unit vector*) adalah suatu vektor dengan panjang "satu". Biasanya vektor satuan hanya digunakan untuk menunjukkan arah. Suatu vektor dengan panjang sembarang dapat dibagi oleh panjang untuk mendapatkan vektor satuan. Ini dikenal sebagai "normalisasi" (*normalizing*) suatu vektor. Suatu vektor satuan sering diindikasikan dengan sebuah "topi" di atas huruf "a" kecil sebagaimana pada $\hat{\mathbf{a}}$.

Untuk menormalisasi suatu vektor $\mathbf{a} = [a_1, a_2, a_3]$, bagilah vektor itu dengan panjangnya $\|\mathbf{a}\|$. Jadi:

$$\hat{\mathbf{a}} = \frac{\mathbf{a}}{\|\mathbf{a}\|} = \frac{a_1}{\|\mathbf{a}\|}\mathbf{e}_1 + \frac{a_2}{\|\mathbf{a}\|}\mathbf{e}_2 + \frac{a_3}{\|\mathbf{a}\|}\mathbf{e}_3$$

Vektor nol (null vector)

Vektor nol (*null vector* atau *zero vector*) adalah suatu vektor yang panjangnya "nol". Penulisan dalam koordinat vektor ini adalah (0,0,0), dan biasanya diberi lambang $\vec{0}$ atau $\mathbf{0}$. Vektor ini berbeda dengan vektor lain, di mana vektor ini tidak dapat dinormalisasi (yaitu, tidak ada vektor satuan yang merupakan kelipatan vektor nol). Jumlah vektor nol dengan vektor apapun \mathbf{a} adalah \mathbf{a} (yaitu, $\mathbf{0} + \mathbf{a} = \mathbf{a}$).

Kesamaan dua vektor

Dua buah vektor dikatakan sama apabila keduanya memiliki panjang dan arah yang sama

Kesejajaran dua vektor

Dua Buah Vektor disebut sejajar (paralel) apabila garis yang merepresentasikan kedua buah vektor sejajar.

Operasi vektor

Perkalian skalar

Sebuah vektor dapat dikalikan dengan skalar yang akan menghasilkan vektor juga, vektor hasil adalah:

$$r\mathbf{a} = (ra_1)\mathbf{i} + (ra_2)\mathbf{j} + (ra_3)\mathbf{k}$$

Penjumlahan vektor dan pengurangan vektor

Sebagai contoh vektor $\mathbf{a} = a_1\mathbf{i} + a_2\mathbf{j} + a_3\mathbf{k}$ dan $\mathbf{b} = b_1\mathbf{i} + b_2\mathbf{j} + b_3\mathbf{k}$.

Hasil dari \mathbf{a} ditambah \mathbf{b} adalah:

$\mathbf{a} + \mathbf{b} = (a_1 + b_1)\mathbf{i} + (a_2 + b_2)\mathbf{j} + (a_3 + b_3)\mathbf{k}$
pengurangan vektor juga berlaku dengan cara mengganti tanda + menjadi tanda -

Dot product

Dot product dari dua vektor \mathbf{a} dan \mathbf{b} (kadang disebut inner product, atau karena menghasilkan skalar disebut scalar product) dilambangkan dengan $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$ yang dirumuskan :

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \|\mathbf{a}\| \|\mathbf{b}\| \cos \theta$$

Atau juga bisa dirumuskan sebagai penjumlahan hasil kali tiap komponen vektornya :

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_1b_1 + a_2b_2 + a_3b_3.$$

Cross Product

Cross product dari dua vektor \mathbf{a} dan \mathbf{b} (kadang disebut outte product, atau karena menghasilkan vektor disebut vektor product) dilambangkan dengan $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ yang dirumuskan :

$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = \|\mathbf{a}\| \|\mathbf{b}\| \sin(\theta) \mathbf{n}$$

Atau juga bisa dirumuskan :

$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = (a_2b_3 - a_3b_2)\mathbf{e}_1 + (a_3b_1 - a_1b_3)\mathbf{e}_2 + (a_1b_2 - a_2b_1)\mathbf{e}_3.$$

Vektor satuan

Vektor satuan adalah vektor yang memiliki panjang 1 satuan panjang. Vektor satuan dari sebuah vektor dapat dicari dengan cara:

$$\hat{\mathbf{a}} = \frac{\mathbf{a}}{\|\mathbf{a}\|} = \frac{a_1}{\|\mathbf{a}\|}\hat{\mathbf{i}} + \frac{a_2}{\|\mathbf{a}\|}\hat{\mathbf{j}} + \frac{a_3}{\|\mathbf{a}\|}\hat{\mathbf{k}}$$

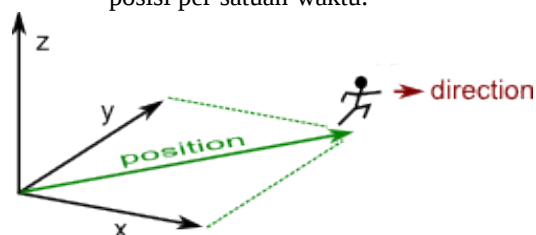
III. PEMBAHASAN

A. Konsep Vektor dalam Game

Dalam matematika kita mengenal vektor yang merepresentasikan besaran dan arah. Di dalam game kita sering mendeskripsikan perpindahan suatu objek ataupun letak suatu objek dalam vektor. Objek – objek tersebut mengandung satu atau lebih komponen seperti x, y, dan z. Vektor dalam game bisa satu dimensi (sumbu X), dua dimensi (sumbu X,Y) tiga dimensi (sumbu X,Y,Z) atau bahkan 4 dimensi yang bisa disimbolkan dengan warna, tergantung kebutuhan dari game itu sendiri. Misalkan kita pasang suatu titik dalam game (1,1) maka akan muncul vektor $\mathbf{v} = \mathbf{i} + \mathbf{j}$ yang memiliki besaran $V(\sqrt{1^2 + 1^2})$ yang = $\sqrt{2}$ (V berarti akar).

Dalam pemrograman games arti dari sebuah vektor bebas tergantung pembuatnya namun secara umum seperti berikut :

- Posisi : vektor mewakili offset dari titik asal dunia (0, 0, 0).
- Arah : vektor yang membentuk panah yang menuju suatu arah, misalnya kita ingin membuat arah ke selatan maka seluruh unit yang mendapat perintah ini akan menuju ke selatan.
- Kecepatan : vektor bisa dianggap sebagai perpindahan maka kecepatan berarti perubahan posisi per satuan waktu.



Gambar 6. Ilustrasi Suatu Objek Terhadap Vektor Dalam Game (Sumber :

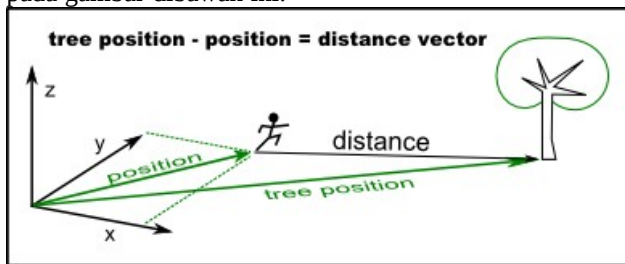
http://www.gamedev.net/page/resources/_/technical/math-and-physics/practical-use-of-vector-math-in-games-r2968 15 Desember 2015)

Namun apabila pembuat games ingin membuat representasi lain juga sangat diperbolehkan.

Dalam pembuatan game kita masih akan menggunakan operasi – operasi dasar pada vektor seperti penjumlahan, pengurangan. Perkalian skalar, perkalian dot dan juga perkalian cross.

Jarak Antar Objek

Jika vektor merepresentasikan posisi pada objek A dan B, maka $B - A$ akan menjadi selisih vektor posisi mereka. Hasilnya akan merepresentasikan besar dan arah A supaya bisa sampai ke B. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 7. Ilustrasi Vektor Posisi (Sumber : http://www.gamedev.net/page/resources/_/technical/math-and-physics/practical-use-of-vector-math-in-games-r2968 15 Desember 2015)

Dan berikut merupakan gambar kode dasar untuk pemrograman game yang menggunakan vektor :

```
tree_position = (10, 10, 0)
my_position = (3, 3, 0)
# distance and direction you would need to move
# to get exactly where the tree is
vector_to_tree = tree_position - my_position
```

Kecepatan Objek

Selain posisi dan arah objek juga bisa memiliki kecepatan dengan representasi vektor. Berikut merupakan contoh keadaan suatu objek yang akan diberi kecepatan melalui suatu kode :

```
position = (0, 10, 10) # position: 10 units in Y
and Z direction
velocity = (500, 0, 0) # initial movement is 500
units in X direction over the next second
```

Setiap detik atau satuan waktu tertentu posisi objek tersebut akan berubah tergantung dari kecepatannya :

```
position += velocity # add velocity to position
and update position
```

B. Penerapan Konsep Vektor dalam Game ke Fanatical Football

Sekarang kita representasikan lapangan dari Fanatical Football merupakan lahan koordinat dua dimensi berukuran 110 x 49 satuan (lihat ukuran lapangan American Football). Nah disini kita bisa lihat dari dua sudut pandang, sebagai player atau AI.

- Player

Disini kita merepresentasikan posisi player merupakan sebuah titik dalam lapangan atau lahan koordinat dua dimensi tadi. Kita dapat berlari atau bergerak di lapangan dikarenakan adanya kecepatan dasar yang diberikan kepada unit pemain kita. Untuk tombol belok kita akan memberikan perintah untuk merubah arah kita dan juga posisi kita tanpa merubah kecepatan kita, ubah vektor posisi kita. Kemudian perintah dash ialah meningkatkan nilai kecepatan kita.

- Artificial Intelligence

Disini kita merepresentasikan posisi AI sebagai salah satu kombinasi yang ada di dalam pemrograman game tersebut. Vektor posisi awal AI tidak bebas (sudah ditentukan dengan beberapa kombinasi). Kemudian kita memberikan dua jenis perintah kepada AI, jika menyerang lari menuju goal line, jika sedang bertahan lari menuju pembawa bola.

Cara AI untuk mencapai semua perintah diatas akan dijelaskan secara sederhana :

- Mengejar Objek / Pemain

Untuk kemampuan AI mengejar pemain itu idenya membuat pemain dan AI memiliki arah yang sama atau berlawanan, cara mencarinya ialah dengan dot product dari **normal** vector AI dan pemain.

AI . Pemain = 1 → Searah

AI . Pemain = -1 → Berlawan Arah

AI . Pemain = 0 → Tegak lurus.

Apa bila belum memenuhi syarat diatas kita berikan input vektor supaya ia dapat berada di posisi yang searah atau berlawan arah dengan pemain.

Selanjutnya pakai teori Jarak Antar Objek untuk bergerak menuju pemain. Keadaan akhir ialah antara vektor posisi player dan salah satu AI ada yang sama atau vektor posisi player sama dengan goal line.

- Formasi Penyerangan

Seperti dilihat pada gambar 5 terdapat garis yang menunjukkan rute posisi para pemain atau AI berada. Tiap formasi penyerangan berbeda posisinya. Untuk merealisasikan hal ini cukup mudah yaitu memberikan input posisi pada tiap AI dan kemudian baru menjalankan proses Mengejar Pemain di atas.

Sedangkan cara pemain untuk bergerak cukup dengan input dari user, tiap input akan memberikan vektor yang berbeda misal dash, belok seperti yang disebutkan diatas. Kondisi akhirnya pun sama dengan AI, ketika pemain sampai di AI yang membawa bola (bertahan) atau pemain mencapai goal line (menyerang).

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari makalah ini adalah :

1. Vektor dapat digunakan sebagai salah satu metode pembuatan game berbasis posisi, hampir semua game menggunakan terapan vektor (kebanyakan game olahraga).
2. Jumlah dimensi pada vektor yang digunakan mempengaruhi ke"realitasan" suatu game karena pengaturan segala hukum fisika disana dapat diatur dengan ketelitian yang lebih besar.
3. Masih dapat dikembangkan lagi penerapan vektor ini dalam berbagai hal di dalam pembuatan game.

VII. ACKNOWLEDGMENT

Pertama, penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-

Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas makalah IF2120 Matematika Diskrit ini. Penulis juga ingin berterima kasih kepada Dosen IF 2123 Tn. Rinaldi Munir dan Tn. Judhi S yang sudah menjadi mengajarkan setiap materi dengan jelas sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas tanpa kesulitan berarti. Terima kasih juga pada teman-teman yang telah memberikan masukan pada makalah ini.

Semoga ke depannya teori yang saya bahas di tugas ini dapat diimplementasikan pada praktik pembuatan Games di masa mendatang.

REFERENCES

- [1] "Digest of Rules". National Football League. Diakses tanggal 28 Desember 2005.
- [2] "History and the basics". National Football League. Diakses tanggal 28 Desember 2005.
- [3] Apostol, T. (1969). *Calculus, Vol. 2: Multi-Variable Calculus and Linear Algebra with Applications*. John Wiley and Sons.
- [4] Feynman, R., Leighton, R., and Sands, M. (2005). "Chapter 11". *The Feynman Lectures on Physics, Volume I (2nd ed.)*. Addison Wesley.
- [5] Ito, Kiyosi (1993), *Encyclopedic Dictionary of Mathematics (2nd ed.)*, MIT Press,
- [6] GameDev.Net (2013). *Practical Use of Vector Math in Games*.

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



Praditya Raudi Avinanto 13514087