

Desain Game “Agent J” dengan Memanfaatkan Mind Wave dan Webcam sebagai Kontrol Masukan dan Interaksi

Iwan Sonjaya, Amri Hidayatulloh, Mauldy Laya
Jurusan Teknik Informatika dan Komputer
Politeknik Negeri Jakarta

iwan.sonjaya@tik.pnj.ac.id, amri.hidayatulloh@gmail.com, mauldy.laya@tik.pnj.ac.id

Diterima: 19 September 2016. Disetujui: 25 Oktober 2016. Dipublikasikan: Nopember 2016

Abstrak - Berbagai perangkat masukan kontrol telah dikembangkan, seperti *Joystick*, *Pad*, *Wheelsteer*, *Keyboard* bahkan *Kinect*. Jenis-jenis perangkat masukan yang ada, mengacu pada gerak motorik pemain. Hal ini masih membatasi para penyandang disabilitas untuk ikut bermain. Penerapan teknologi EEG pada *Mindwave* dan kamera web mampu diterapkan sebagai masukan kontrol permainan maya yang bersifat “*Motionless*”. Permainan (*game*) ini menggunakan karakter dan *environment* tiga dimensi (3D) dengan 3 *level/stage*. Pengujian terhadap Beta-User mencapai keberhasilan rata – rata 78.8% dengan sentimen ketertarikan sebesar 90%, kesulitan sebesar 68%, akurasi sebesar 72%, imersifitas sebesar 78% dan objektifitas manfaat 86%. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi EEG telah mempengaruhi ketertarikan pemain dalam bermain dengan tingkat imersifitas dan manfaat yang cukup tinggi untuk kendali yang bersifat “*Motionless*” dimana hal ini dapat dikembangkan dan diterapkan bagi para penyandang disabilitas.

Kata Kunci : permainan, masukan kontrol, eeg, *mindwave*, 3d, game level

I. PENDAHULUAN

Perkembangan permainan maya atau disebut *virtual game* tidak terlepas dari perkembangan perangkat kontrol masukan. Kini berbagai macam perangkat/ kontrol masukan telah dikembangkan, seperti *Joystick*, *Pad*, *Wheelsteer* bahkan *Kinect*. Perangkat-perangkat masukan yang ada tidak terlepas dari kendali motorik pemain, dimana pemain diharuskan secara menyeluruh atau sebagian mengendalikan permainan dengan gerakan fisik. Dalam beberapa kondisi, jenis kontrol masukan tersebut akan terbentur oleh keterbatasan gerak pemain[1].

Analisis aktifitas otak atau disebut dengan EEG (*Elektroensefalogram*) digunakan dalam dunia medis sebagai salah satu cara untuk mendeteksi kelainan pada otak manusia dan

beberapa penyakit yang berhubungan dengan mental. Kini dengan ketersediaan alat *Mindwave* telah membuka luas penerapan analisis EEG di berbagai bidang, termasuk pengembangan BCI (*Brain Computer Interface*)[1].

Penggunaan *Mindwave* sudah masuk dalam tahap pengembangan permainan sebagai alat kendali atau kontrol antarmuka. Meskipun penerapan *Mindwave* pada permainan terlihat begitu menjanjikan, masih ada beberapa kendala yang belum dapat dipecahkan seperti keunikan cara berfikir manusia membuat penerapan *Mindwave* saja sebagai kendali kontrol permainan menjadi lebih sulit. Penerapan dari teknologi *Mindwave* dilihat sebagai jalan untuk membuka teknologi baru dalam kendali masukan kontrol permainan bagi para penderita disabilitas. Analisis EEG dapat diterapkan untuk mengambil keputusan berdasarkan kondisi pikiran pemain seperti konsentrasi, sehingga teknologi tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimal dalam kendali masukan kontrol permainan[2].

Penelitian ini bertujuan membuat *game* dengan menggunakan perangkat *Mindwave* dan *webcam* sebagai perangkat masukan untuk mengontrol interaksi antarmuka permainan. Penelitian ini dapat menjadi salah satu jalan untuk membuka kesempatan bagi para pemain terlebih lagi para penyandang disabilitas untuk ikut merasakan pengalaman bermain permainan virtual.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Permainan Maya (*Virtual Game*)

Permainan maya atau *Virtual Game* adalah sebuah permainan elektronik yang melibatkan interaksi pengguna dan antarmuka permainan untuk menciptakan sebuah visual dari permainan di perangkat elektronik[3]. Permainan maya pada umumnya ditampilkan dalam perangkat *visual raster* (*pixel*) seperti layar komputer yang dapat

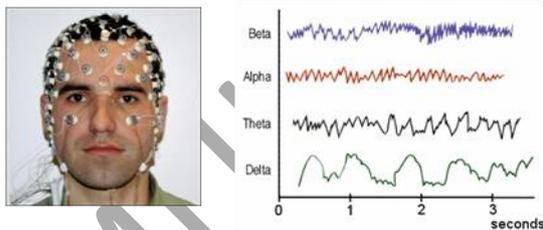
menampilkan gambar dua dimensi maupun tiga dimensi. Sistem elektronik yang digunakan untuk permainan dapat dikatakan sebagai *platform* seperti personal komputer ataupun konsol. Permainan maya pada umumnya membutuhkan perangkat masukan seperti *keyboard*, *mouse*, *stick*, *game pad* atau lainnya. Permainan maya telah menjadi industri yang besar dan aspek bisnis yang cukup menjanjikan bagi para pelaku usaha permainan maya [4].

B. Perangkat Masukan Kontrol

Perangkat masukan kontrol atau dapat dibidang perangkat kendali adalah suatu perangkat atau alat yang digunakan oleh permainan untuk mendapatkan masukan dari pemain. Pada umumnya masukan yang diterima dimanfaatkan untuk mengendalikan objek atau karakter dalam permainan. Biasanya perangkat masukan dihubungkan ke dalam konsol *game* menggunakan kabel ataupun *bluetooth*. Kini, terdapat banyak jenis perangkat masukan permainan yang dikembangkan dan telah digunakan dalam perkembangan industri permainan maya [5].

C. Elektroensefalogram (EEG)

Elektroensefalogram (EEG) adalah rekaman aktifitas listrik otak yang digunakan untuk mendiagnosis kondisi *neurologis* seperti gangguan kejang (*Epilepsi*). Tes *elektroensefalografi* dilakukan dengan menyisipkan *elektroda* lempengan logam di kulit kepala. Selain itu EEG digunakan untuk mengukur fungsi dari otak dari waktu ke waktu [6].



Gambar 1. *Elektroensefalogram* (EEG)

Selain digunakan untuk mendeteksi kelainan mental pada pasien, EEG juga digunakan untuk menunjukkan lokasi aktifitas otak pada saat kejang dan juga dapat mendeteksi kerusakan pada otak. EEG juga dapat digunakan untuk menetapkan apabila seseorang sudah mati atau tidak dari aktifitas otak yang di rekam, sehingga dapat diputuskan apabila seseorang masih memerlukan *Life-Support Equipment* atau tidak [5].

D. Perangkat Mindwave

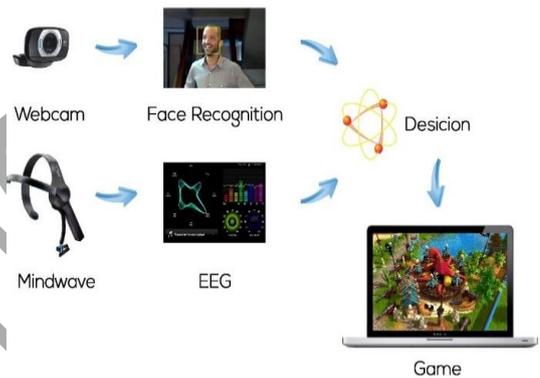
Perangkat *Mindwave* adalah sebuah perangkat *Elektroensefalograf* yang bersifat *portable*. *Mindwave* adalah salah satu produk dari

NeuroSky, Inc. yang dikembangkan sebagai perangkat *Brain-Computer Interface* (BCI) untuk *consumer* umum. Pengembangan *Mindwave* dimulai pada tahun 2004 dan terus berkembang hingga saat ini. Pada umumnya *Mindwave* digunakan sebagai perangkat pendukung pada aplikasi hiburan, pendidikan atau kesehatan [7].

III. METODE PENELITIAN

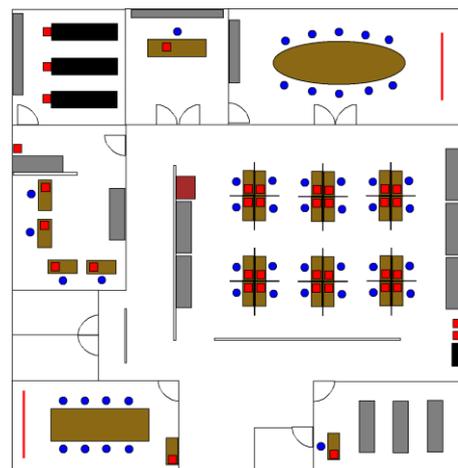
Metode Penelitian yang digunakan adalah dengan menggunakan metode pengembangan multimedia Luther, dengan tahap-tahap berikut :

1. Konsep, yaitu menentukan tujuan dan siapa saja pengguna permainan (identifikasi pengguna), tujuan permainan (hiburan, pelatihan, dan lain – lain), dan spesifikasi umum.



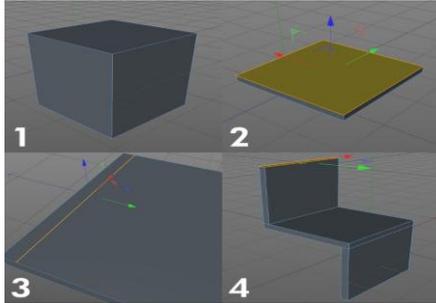
Gambar 2. Konsep dan Sistem *Game*

2. Desain, yaitu tahap membuat spesifikasi secara rinci mengenai arsitektur program, gaya, tampilan dan kebutuhan material atau bahan untuk permainan. Dalam hal ini membuat *environment* dan karakter, *Setting* tiap-tiap *stage/level* dalam *game*.



Gambar 3. *Map Level Game*

3. Pengumpulan Material (*Material Collecting*), yaitu tahap pengumpulan bahan yang sesuai dengan kebutuhan yang dikerjakan. Aset-aset game yang kan digunakan, antara lain gambar *clip art*, foto, animasi, video, dan audio.



Gambar 4. Proses Pembuatan Aset Game

4. Penggabungan (*Assembly*), tahap pembuatan semua objek atau bahan multimedia, pemrograman game, penentuan kontrol masukan, dan interaksi *gameplay*.



Gambar 5. Penggabungan Map dan Aset

```

{
  "poorSignal" : 200,
  "rawEeg" : 120,
  "eSense" : {
    "attention" : 100,
    "meditation" : 20
  },
  "blinkStrength" : 0,
  "eegSignal" : {
    "alpha" : 0,
    "beta" : 20,
    "lowbeta" : 0,
    "highbeta" : 20,
    "delta" : 30,
    "lowalpha" : 0,
    "highalpha" : 100,
  }
}
    
```

Gambar 6. Pemrograman Game dengan Kontrol Masukan dari Mindwave

5. Pengujian (*Testing*), yaitu tahap pengujian dilakukan setelah menyelesaikan tahap *assembly* dengan menjalankan permainan dan dilihat apakah ada kesalahan atau tidak. Tahap pertama pada tahap ini disebut juga sebagai tahap pengujian alfa (*alpha test*) yang pengujiannya dilakukan oleh pembuatnya sendiri. Setelah lolos dari pengujian alfa, pengujian beta yang melibatkan pengguna akhir (*end user*) akan dilakukan.

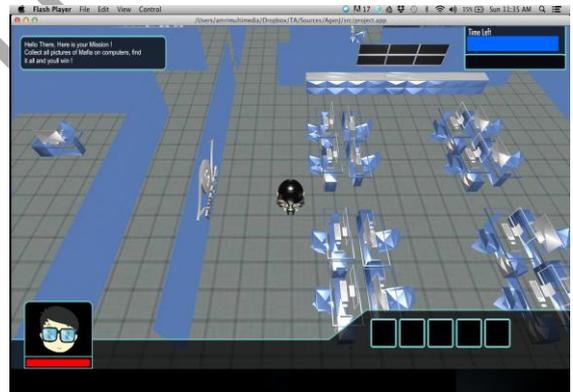
6. Distribusi, yaitu tahap akhir pengemasan dan penyebaran dari produk. Tahap ini juga disebut sebagai tahap evaluasi untuk pengembangan produk yang telah jadi supaya menjadi lebih baik lagi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses *material collecting* dan *assembly* dilakukan sehingga aset-aset game sudah digabungkan dan *user interface game* telah dibuat seperti Gambar 7.



Gambar 7. User Interface Game



Gambar 8. Heading Up Display Game

Analisis masukan *mindwave* digunakan untuk menggerakkan karakter pada saat permainan berlangsung. Alur proses yang diterapkan dapat dilihat pada blok diagram berikut.



Gambar 9. Blok Diagram Komunikasi Data Mindwave

Sesuai dengan Gambar 9, perangkat *mindwave* mengirimkan rentetan serial data melalui koneksi *bluetooth* ke *modem* (*Modulation Demodulation*) dimana *modem* akan mengakuisisi sinyal data ini ke dalam format JSON. *Modem* meneruskan data ke *Analyzer*. Di dalam *analyzer* ini

data JSON akan dianalisis dan dikirimkan ke *Game Interface* sebagai *Event State*. *Event state* akan diterjemahkan oleh *Game Interface* untuk mengambil keputusan, seperti menggerakkan karakter objek, atau melakukan klik pada tombol dalam permainan. Untuk lebih jelas dari alur proses yang ada, Gambar 11 adalah *Activity Diagram* dari proses komunikasi data.

Komunikasi antara perangkat *mindwave* dan juga *modem* terjadi melalui koneksi *Bluetooth*, dimana data serial terdiri dari sederetan angka-angka sepanjang 512 bit yang telah dienkripsi oleh perangkat *mindwave* dan didekripsi oleh perangkat *modem*. *Modem* mengakuisisi serial data menjadi format JSON. Data JSON yang ditangkap oleh modul *analyzer* didekode menjadi objek yang dikenali oleh *Actionscript* menggunakan pustaka *JSON Parser*[8]. Nilai dari *eSense* > *Attention* di proses sebagai nilai *gamma* (fokus dan konsentrasi), jika nilai diatas 20 maka *game interface* akan menggerakkan objek dalam permainan.

$$f(\text{move}) = \begin{cases} \text{true}, & \text{attention} > 20 \\ \text{false}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Sama halnya dengan objek *BlinkStrength*, dimana nilai *blinkstrength* (kedipan) akan dibaca, jika nilai diatas 80 (maksimum 100) maka akan melakukan *trigger* klik.

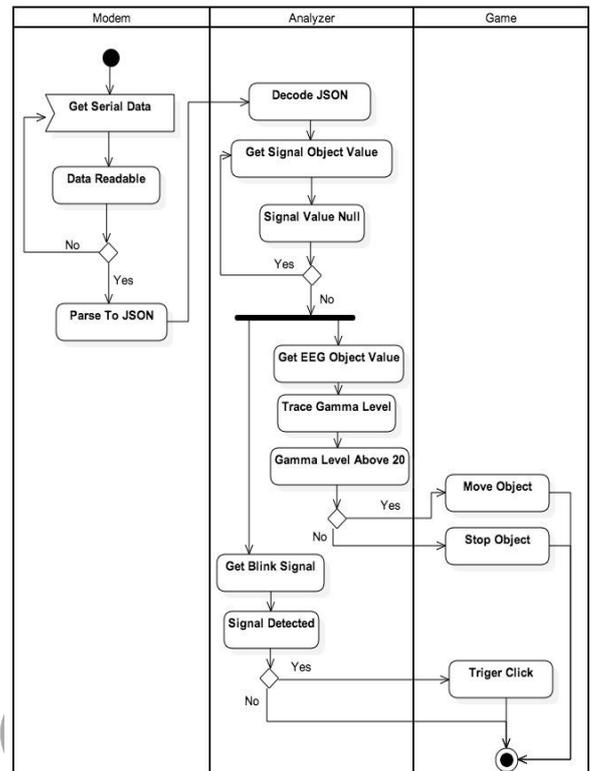
$$f(\text{click}) = \begin{cases} \text{true}, & \text{blinkStrength} > 80 \\ \text{false}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Selain menggunakan *mindwave* sebagai masukan kontrol permainan, digunakan juga kamera web. Kamera web bertugas untuk menangkap citra wajah pemain, dengan memanfaatkan teknologi *Computer Vision* (CV) untuk mengenali dan menangkap arah pergerakan wajah menjadikan kamera web salah satu perangkat pendukung permainan untuk menentukan arah gerak karakter dalam permainan. Berikut adalah alur proses penerapan kamera web sebagai masukan kontrol dalam blok diagram.



Gambar 10. Blok Diagram Komunikasi Data Webcam

Blok diagram pada Gambar 10 menjelaskan alur proses komunikasi antara perangkat kamera web hingga *game interface*. Kamera web menangkap sederetan citra dan mengubahnya menjadi *Bitmap Data*. *Bitmap data* diproses oleh pustaka *Face Recognition* untuk mengenali wajah dan posisi wajah tersebut.

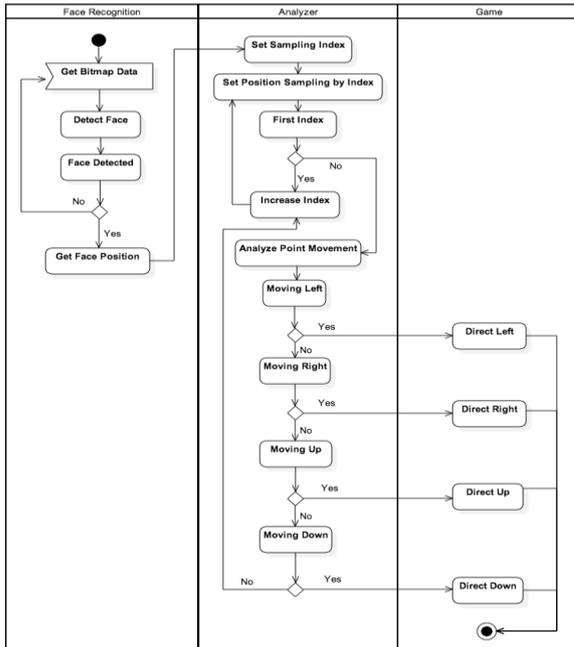


Gambar 11. Diagram Aktifitas Komunikasi Data Mindwave

Jika terdeteksi, maka modul ini akan langsung mengirim data posisi wajah yang berupa posisi X, posisi Y, lebar (*width*) dan tinggi (*height*) wajah ke modul *Analyzer*. Modul *Analyzer* memproses rentetan posisi yang dikirim oleh modul sebelumnya menjadi *sampling data* yang digunakan untuk membaca atau melacak pergerakan wajah. Setelah mendapatkan posisi pergerakan atau arah pergerakan, modul *Analyzer* akan mengirimkannya ke *Game Interface* untuk keputusan pada antarmuka permainan. Berikut adalah alur proses lebih detail dalam *Activity Diagram*.

Pada Gambar 12, diperlihatkan alur proses lebih mendetail *face recognition*, *analyzer* dan juga *game interface*. *Face Recognition* akan menerima rentetan *bitmap data* dan mendeteksi jika terdapat wajah dalam *bitmap data*. Jika ditemukan maka *analyzer* akan menyimpan data posisi sebagai *sampling data*. Nilai-nilai yang dapat dideteksi diberikan ke modul *analyzer* untuk dianalisis. Dimana nilai-nilai yang didapatkan dari pustaka *face recognition*, dimana :

- X = Posisi wajah pada sumbu X
- Y = Posisi wajah pada sumbu Y
- w = Lebar wajah yang terdeteksi
- h = Tinggi wajah yang terdeteksi
- s = Sclar (Faktor Pengali)

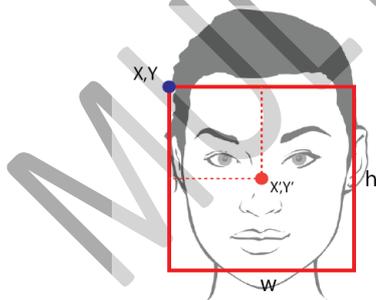


Gambar 12. Diagram Aktifitas Komunikasi Data Webcam

Dapat dilihat bahwa terdapat variabel s sebagai *scalar* (faktor pengali). Sehingga seluruh nilai dari X , Y , w , h harus di kalikan terlebih dahulu dengan s untuk mendapatkan posisi wajah, lebar dan tinggi wajah. Yaitu dapat dilihat dari persamaan (1)–(4) berikut:

$$\begin{aligned} X &= X \cdot s & (1) \\ Y &= Y \cdot s & (2) \\ w &= w \cdot s & (3) \\ h &= h \cdot s & (4) \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai asli dari X , Y , h , w langkah berikutnya adalah menentukan *center position* dari wajah, dapat dilihat dari persamaan (5) dan (6) berikut:



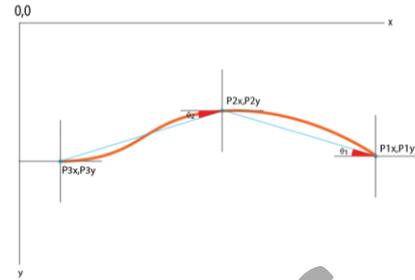
Gambar 13. Penentuan Center Position dari Wajah

$$X' = X + \left(\frac{1}{2} \cdot w\right) \quad (5)$$

$$Y' = Y + \left(\frac{1}{2} \cdot h\right) \quad (6)$$

Nilai dari X' dan Y' disimpan sebagai nilai *vector sampling* dalam data *Array* pada periode t selama pergerakan wajah terjadi. Data *array*

membentuk titik–titik resultan dari pergerakan wajah, dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Titik Resultan dari Pergerakan Wajah

$$P = \begin{bmatrix} X_1 & \dots & X_n \\ Y_1 & \dots & Y_n \end{bmatrix} \quad P \in \mathbb{R}$$

Setelah mendapat titik–titik resultan ini, tahap selanjutnya dalam menganalisis pergerakan adalah menemukan sudut *theta* yaitu sudut antar dua titik terhadap sumbu X . Proses analisis pergerakan dilakukan satu persatu antara satu titik ke titik selanjutnya sehingga dapat ditetapkan arah pergerakan tiap titik atau *point* dengan menggunakan persamaan (7) – (10).

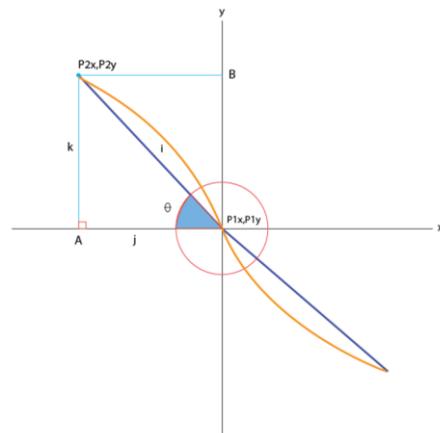
$$P1x = PX(n-1) \quad (7)$$

$$P1y = PY(n-1) \quad (8)$$

$$P2x = PXn \quad (9)$$

$$P2y = PYn \quad (10)$$

Tahapan berikutnya adalah menghitung sudut *theta*, dapat dilihat pada persamaan berikut



Gambar 15. Sudut Theta

Dimana posisi dari titik A dan titik B dapat diketahui dari sumbu sejajar dari $P1$ dan $P2$, yaitu sebagai berikut

$$Ax = P2x \quad (11)$$

$$Ay = P1y \quad (12)$$

$$Bx = P1x \quad (13)$$

$$By = P2y \quad (14)$$

Setelah mengetahui posisi dari titik A dan B maka dapat ditentukan pula panjang dari garis k dan j dengan menggunakan persamaan (15) dan (16).

$$k = \Delta(Ay)(P2y) \tag{15}$$

$$j = \Delta(Bx)(P2x) \tag{16}$$

$$\equiv \Delta(Ax)(P1x)$$

Dengan menerapkan konsep *Pythagoras*, maka dapat diketahui bahwa nilai i adalah sebagai berikut

$$i = \sqrt{k^2 + j^2} \tag{17}$$

$$\equiv i^2 = k^2 + j^2$$

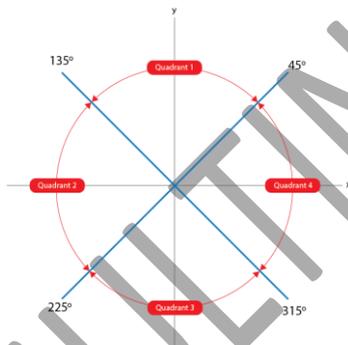
Untuk menghitung sudut *theta*, dapat digunakan aturan sinus pada trigonometri, pada segitiga siku-siku yang didapat dari tiga titik P1, P2 dan A maka dapat disimpulkan bahwa sudut theta adalah sebagai berikut.

$$\sin \theta = \frac{k}{i} \tag{18}$$

$$\text{rad } \theta = \sin^{-1}(\sin \theta) \tag{19}$$

$$\angle \theta = \text{rad } \theta \cdot \frac{180}{\pi} \tag{20}$$

Setelah mendapatkan besaran sudut *theta*, langkah berikutnya adalah mengklasifikasikan besaran sudut dalam kuadran-kuadran berikut untuk diketahui arah pergerakan *vector*. Klasifikasi besaran sudut menjadi empat kuadran di bawah ini digunakan untuk menentukan arah pergerakan, berikut adalah klasifikasi pergerakan berdasarkan kuadran diatas.



Gambar 16. Klasifikasi Pergerakan Wajah Berdasarkan Kuadran

$$f(\theta) = \begin{cases} UP, & \theta \in \text{Kuadran 1} \\ DOWN, & \theta \in \text{Kuadran 3} \\ LEFT, & \theta \in \text{Kuadran 4} \\ RIGHT, & \theta \in \text{Kuadran 2} \end{cases}$$

Setelah selesai melakukan proses pembuatan *game*, kemudian dilakukan tahap pengujian sebagai pertimbangan dan percobaan produk kepada khalayak umum.

Pengujian dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah pengujian teknis terhadap masukan kontrol untuk mengetahui persentasi keberhasilan dari penerapan algoritma dan tingkat akurasi terhadap penanggapan masukan kontrol. Bagian kedua, pengujian non-teknis, yaitu melibatkan para beta tester dalam menguji permainan dan tingkat

sentimen pemain terhadap permainan itu sendiri, baik dari sisi ketertarikan pemain dan juga dari sisi kepuasan pemain terhadap masukan kontrol dan interaksi permainan. Responden pengujian yang dilakukan merupakan mahasiswa aktif Politeknik Negeri Jakarta.

Berikut adalah hasil pengujian teknis terhadap penerapan masukan kontrol dari kamera web.

TABEL 1. HASIL PERCOBAAN MASUKAN CONTROL DARI WEBCAM

Percobaan Ke-n	Tingkat Keberhasilan
Percobaan ke 1	100%
Percobaan ke 2	75%
Percobaan ke 3	75%
Percobaan ke 4	75%
Percobaan ke 5	100%
Rata-rata	85%

Dari Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa tingkat keberhasilan dari masukan kontrol Kamera Web 85%. Berikut adalah keseluruhan data dari percobaan konsentrasi pada *mindwave*. Dari hasil data pengujian sebanyak 5 kali pengujian selama 5 detik dapat dilihat rata-rata setiap rekaman aktifitas Beta di tiap detik seperti pada Tabel 2.

TABEL 2. HASIL PERCOBAAN KONSENTRASI PADA MINDWAVE

Detik Ke-n	Tingkat Keberhasilan
1	2.6
2	35.2
3	62
4	74
5	72

Berikut adalah selisih jarak pergerakan nilai konsentrasi dari detik n hingga detik n+1 dalam Tabel 3.

TABEL 3. SELISIH JARAK PERGERAKAN NILAI KONSENTRASI

Detik n - n+1	Tingkat Keberhasilan
1	2.6
2	32.6
3	26.8
4	12
5	-4
Rata-Rata	14

Dari Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa tingkat akselerasi perubahan nilai adalah 14 nilai / detik, sehingga dibutuhkan minimal waktu selama 2 detik untuk menggerakkan karakter.

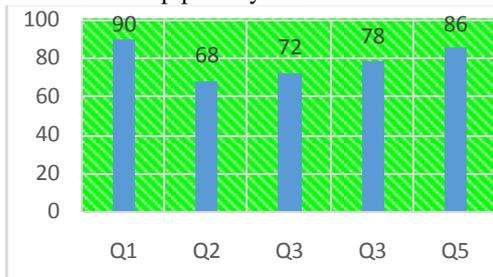
Pengujian non-teknis melibatkan 15 beta tester yang diambil secara acak. Penguji beta diminta untuk memainkan permainan sebanyak empat kali dan setelah bermain penguji diminta untuk mengisi kuisisioner, hasil dari kuisisioner digunakan untuk hasil analisis tingkat keberhasilan pemain dengan kontrol masukan dan interaksi.

Dalam pengujian ini terdapat lima pertanyaan yang diajukan kepada penguji beta sebagai indikator penilaian, yaitu sebagai berikut:

TABEL 4. DAFTAR PERTANYAAN KUISIONER

Q ₁	Pada skala 1 sampai 5, seberapa menarik menurut anda tentang penggunaan Mindwave dan CV** sebagai masukan Kontrol permainan?
Q ₂	Pada skala 1 sampai 5, seberapa sulitkah anda mengontrol permainan hanya dengan menggunakan Mindwave dan CV**?
Q ₃	Pada skala 1 sampai 5, seberapa efektifkah /tinggi akurasi masukan control Mindwave dan CV** pada permainan Agent J?
Q ₄	Pada skala 1 sampai 5, seberapa tinggikah interaksi yang terjadi antara permainan dengan anda (apakah anda merasa interaksi yang sangat mendalam dengan permainan) pada permainan Agent J?
Q ₅	Pada skala 1 sampai 5, seberapa bermanfaatkah pengembangan kontrol permainan dengan Mindwave dan CV (Computer Vision) terhadap masyarakat umum?

Berikut adalah representasi grafik dari hasil persentase di setiap pertanyaan.



Gambar 17. Grafik Persentase Hasil Kuisisioner

Dari hasil perhitungan pada Gambar 17 dapat dilihat bahwa tiap aspek dari pertanyaan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sebanyak 90% dari penguji beta menyatakan tertarik dengan penerapan masukan kontrol permainan menggunakan *Mindwave* dan kamera web.
2. Sebanyak 68% dari penguji beta menyatakan sulit untuk mengendalikan permainan hanya dengan menggunakan *Mindwave* dan kamera web.
3. Sebanyak 72% dari penguji beta menyatakan kendali masukan menggunakan *Mindwave* dan kamera web akurat.
4. Sebanyak 78% dari penguji beta menyatakan tingginya tingkat *imersifitas* interaksi antar pemain.
5. Sebanyak 86% dari penguji beta menyatakan tingginya manfaat penerapan dari masukan kontrol permainan menggunakan *Mindwave* dan kamera web.

V. KESIMPULAN

Dalam menyelesaikan penelitian ini penulis mengambil beberapa kesimpulan bahwa penerapan masukan kendali *Mindwave* dan kamera web dalam permainan bersifat lebih “*Motionless*” atau tidak banyak pergerakan pada pemain dibanding penerapan kontrol permainan pada umumnya. Walaupun bersifat *motionless* penerapan kendali ini masih diasumsikan sulit dengan nilai sentimen persentase kesulitan sebesar 68% dan juga akurasi hanya 72%.

Penerapan interaksi antarmuka *game* sangat menarik, karena desain *interface* yang dikembangkan untuk aplikasi visual dan animasi, ditinjau dari respon pengguna terhadap kepuasan interaksi antarmuka cukup tinggi, dengan persentase sebesar 90%.

REFERENSI

- [1] N Yildirim, A Varol, 2013: Developing educational game software which measures attention and meditation with brainwaves: matching mind math - ICEE ICIT 2013 Conference.
- [2] Vrocher, Diamond MD, 2009: How useful is EEG and EEG monitoring in the acutely ill and how to interpret it?." *Epilepsia* 50.sl2 (2009): 34-37.
- [3] Kim Gerard J, 2014 : Human-Computer Interaction, Fundamental and Practice. Broken Sound Parkway NW : CRC Press.
- [4] Salen, Katie. 2003. Rules of Play – Game Design Fundamental. Cambridge, Massachusetts : MIT Press.
- [5] William Lu, 2008: Evolution of Video Game Controllers. Roseville: Prima Publishing.
- [6] D. Y. Qiao et al., 2013: "A Portable Mind Wave Monitor Headrest Applied in Sleep Promotion", *Applied Mechanics and Materials*, Vols. 411-414, pp. 1475-1479.
- [7] Birg Daniel, 2012 : NeuroSky Mindwave Mobile Review. 20 Juni 2015. <http://www.laptopmag.com/reviews/accessories/neurosky-mindwave-mobile>.
- [8] Grossman, Gary, 2006: ActionScript 3.0 Design Patterns: Object Oriented Programming Techniques. O'Reilly Media, Inc.