

THREE-DIMENSIONAL FLIGHT SIMULATOR TAKEOFF MOVEMENT ON BOEING 737-300 AIRCRAFT

Muhammad Irfan¹⁾, Nurcahyani Dewi Retnowati²⁾,
Bangga Dirgantara Adiputra³⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, ³Program Studi Teknik Penerbangan
Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jl. Janti Blok R Adisucipto Yogyakarta
Email : ¹muhammadirfan063@gmail.com, ²nurcahyanidr@stta.ac.id,
³bdirgantara@stta.ac.id

Abstract

The simulator is a form of imitation of conditions describing a behavior in conformity with the reality in which there is an interaction between the user and the simulation. Simulators are very useful for simulating events that can help the teaching and learning system. The result of this final project is a 3D takeoff simulator on a desktop-based Boeing 737-300 that serves as a training aid and contains an explanation of Boeing 737-300 takeoff information. This simulator provides ideal data in the form of weight, takeoff speed, flap settings and distance data to understand the aircraft performing the V_1 , V_R and V_2 processes. The research methods carried out include modeling a Boeing 737-300 aircraft using blueprint, asset modeling, and texturing using Blender 3D software then proceed with the design of simulations using Unity software. Simulation tests include black box testing. The results of the black box testing indicate that all functions of the simulator run according to the Windows 7, Windows 8, and Windows 10 operating system with a 64-bit system. Flight simulator is functioning properly and can show information on the movements and conditions of the aircraft in taking flight in the takeoff phase with weight conditions, the speed at which the aircraft drove on the runway, wind pressure conditions on the runway and flaps that will be arranged in this flight simulator.

Keywords: airplane simulator, design animation, 3D modeling, takeoff simulator, Boeing 737-300

1. Latar Belakang Masalah

Simulator merupakan suatu alat untuk menciptakan lingkungan secara nyata atau realistis. Simulator tersebut dapat digunakan sebagai pembelajaran untuk sistem kompleks, misalnya sistem pengoperasian pesawat (*flight simulator*), kendaraan, dan lain sebagainya. Tujuan penggunaan simulator adalah untuk pelatihan dan pembelajaran [1].

Simulator sangat berguna pada dunia penerbangan untuk mensimulasikan kejadian-kejadian seputar dunia penerbangan. *Flight simulator* merupakan simulasi dalam menerbangkan pesawat terbang [2] dan juga dapat mensimulasikan *flight control* pergerakan pesawat terbang di saat melakukan lepas landas atau disebut *takeoff*. Setiap *flight control* pada pesawat mempunyai pergerakan yang berbeda-beda sesuai dengan fungsinya [3], sebagai contoh *flight control* saat *takeoff*. Fase *takeoff* pesawat terbagi menjadi dua fase, di darat dan di udara. Fase *takeoff* pertama saat di darat dimulai saat rem dilepaskan dan tenaga penuh diikuti gerak rotasi dan ada tanda pesawat mulai mengudara. Fase *takeoff* kedua saat di udara dimulai saat pesawat meninggalkan landasan pacu hingga mencapai ketinggian 50.0 feet [4].

Ada empat gaya yang bekerja ketika pesawat terbang bergerak lurus, datar, dan tidak mengalami percepatan, yaitu gaya dorong (*thrust*), gaya angkat (*lift*), gaya berat

(*weight*), dan gaya hambat (*drag*) [5]. Dalam fase *takeoff* tersebut simulator bergerak untuk menirukan kondisi pesawat terbang dan memperlihatkan gaya-gaya apa saja yang bekerja pada saat *takeoff*. Di saat kondisi pesawat dalam melakukan penerbangan pada fase *takeoff*, simulator juga bekerja menirukan pergerakan pesawat saat bergerak di atas *runway* sampai saat mengudara pada fase *cruise*. Fase *cruise* merupakan keadaan terbang dimana pesawat menggunakan bahan bakar paling ekonomis dan kondisi desain yang optimal secara teknis [6].

Dalam operasi penerbangan, fase yang paling kritis dan berbahaya adalah pada saat *takeoff* dan *landing*. Hal ini dikarenakan kedua fase tersebut merupakan fase yang terjadi dekat dengan tanah (*near the ground*) sehingga dapat mengakibatkan resiko lebih besar pada keselamatan. Pada kedua fase tersebut juga seringkali terjadi *error* karena banyak sekali prosedur *aircraft configuration* yang harus dilakukan pilot [7].

Pembuatan *flight simulator* pada fase *takeoff* dengan menggunakan *software* Blender untuk pemodelan 3D yang selanjutnya akan dimasukkan dalam *software game engine* Unity [8]. Unity 3D digunakan sebagai pengolah gambar, grafik, suara, *input*, dan lain-lain dan merupakan *game engine multiplatform*, yang mampu di-*publish* secara *standalone*, berbasis *web*, *android*, dan *IOS* [9].

Penelitian ini difokuskan pada pembuatan *flight simulator* pada saat *takeoff* dan memberikan informasi pergerakan dan keadaan pada pesawat dalam melakukan penerbangan dalam melakukan fase *takeoff* dengan kondisi *weight*, kecepatan saat pesawat melaju di *runway*, kondisi tekanan angin di *runway* dan *flaps* yang sudah akan diatur dalam simulasi sehingga diharapkan dengan adanya *flight simulator* ini dapat memudahkan dalam pemahaman mengenai fase *takeoff* pesawat terbang.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan meliputi analisa kebutuhan sistem berupa penentuan spesifikasi *hardware*, *software*, *flowchart* dan *blueprint* pesawat jenis Boeing 737, merancang arsitektur simulasi menggunakan *flowchart*.

Pembuatan *assets* 2D menggunakan *software* Adobe Photoshop, dan pemodelan objek 3D dengan menggunakan *software* Blender. Pemodelan dasar dengan menggunakan *blueprint* sampai proses *texturing* atau pewarnaan pada masing-masing komponen [10]. Perancangan *user interface* perancangan tampilan antarmuka pengguna untuk menentukan kebutuhan simulasi yang akan dibangun menggunakan Unity, dan pengujian dilakukan dengan menggunakan *black box testing* [11]. Pengujian *black box* merupakan pengujian yang hanya mengutamakan *input* dan *output* aplikasi atau perangkat lunak, mengeksekusi data uji dan mengecek apakah fungsional perangkat lunak bekerja dengan baik jika dijalankan pada beberapa sistem operasi, dan tidak melihat struktur kode internal dari aplikasi atau perangkat lunak tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa Kebutuhan Sistem

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan *flight simulator* ini adalah :

1. Laptop Asus A456UR
2. Processor Intel core i5
3. RAM 4GB
4. Hardisk 1TB

5. *NVIDIA GeForce 930 MX*

Untuk membuat *flight simulator* pada penelitian ini yang diperlukan beberapa *software*. Adapun spesifikasi *software* atau perangkat lunak yang digunakan:

1. Sistem Operasi *Windows 10*
2. *Blender 3D 2.78*
3. *Unity 3D*
4. *Photoshop CS 6*

Spesifikasi *hardware* yang diperlukan untuk menjalankan simulasi ini sebagai berikut:

Laptop

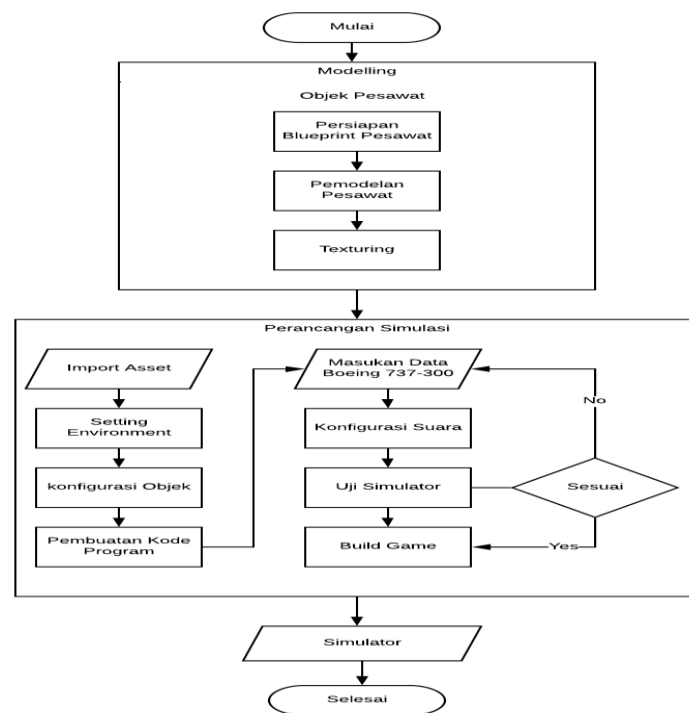
- a. *Processor Intel Core i5*
- b. *Ram 4 GB*
- c. *Hard disk 1 TB*

Spesifikasi *software* yang akan diperlukan untuk menjalankan simulasi ini sebagai berikut:

1. Laptop
Windows 10 64-bit
2. Komputer
Windows 10 64-bit

3.2 Tahapan Perancangan Simulator

Pada tahapan perancangan (Gambar 1) menggambarkan tahapan-tahapan dari pemodelan objek 3D sampai perancangan simulator. Pada tahapan ini pemodelan dilakukan pemodelan objek dasar sampai dengan tahap *texturing*. Sebuah komponen dibuat menyerupai objek aslinya supaya terlihat nyata. Selanjutnya pada tahap pembuatan simulator, *assets* yang dibutuhkan dalam pembuatan simulator di-*import* ke dalam Unity kemudian diatur sesuai perancangan tampilan simulasi, kemudian beberapa objek, *button* diberikan fungsi logika dengan memberikan kode program agar simulator masuk ke tahap pengujian dimana sebuah simulator diuji. Fungsi uji simulator ini untuk mengetahui apakah fungsi-fungsi yang ada pada simulator berjalan dengan baik atau tidak, dan juga mencari *bug* pada aplikasi.

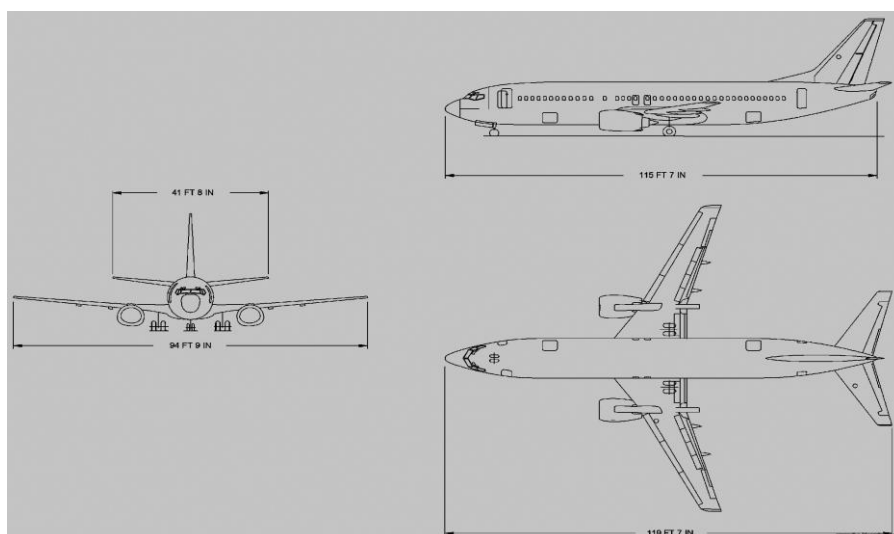


Gambar 1. Tahapan Perancangan Simulator

3.3 Perancangan *Blueprint*

Blueprint pesawat digunakan untuk membuat model rancangan pesawat sesuai dengan pesawat aslinya [12]. Pada penelitian ini digunakan *blueprint* dari pesawat Boeing 737-300 (Gambar 2) yang kemudian diterapkan dengan menggunakan *software* Blender 3D.

Blueprint yang digunakan dalam pemodelan ada tiga macam yaitu *blueprint* pesawat tampak dari depan, *blueprint* pesawat tampak dari atas, dan *blueprint* pesawat tampak dari samping.



Gambar 2. Gambar Tiga Pandangan Boeing 737-300

(Sumber: http://www.boeing.com/commercial/airports/3_view.page [13])

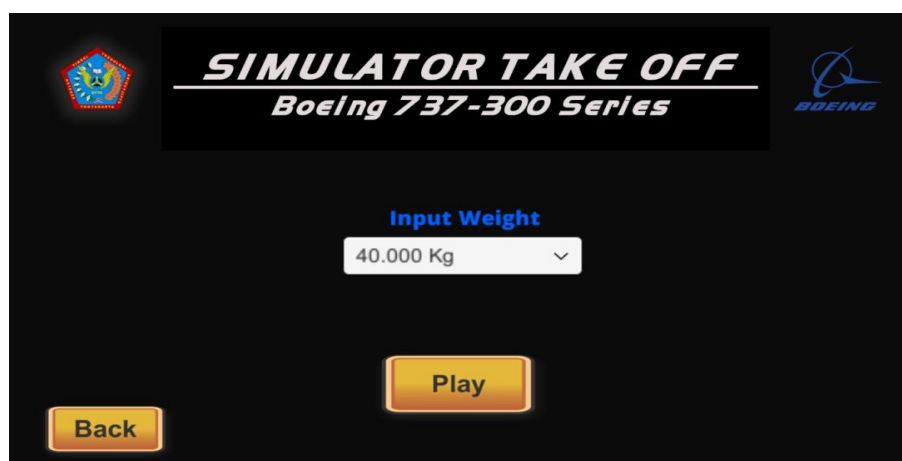
3.4 Tampilan Menu

Tampilan menu (Gambar 3), simulator ini mempunyai tiga *button* yaitu *button exit*, *play*, dan *introduction*. *Button exit* berfungsi untuk keluar atau menutup aplikasi simulasi, lalu untuk *button play* untuk masuk ke dalam *scene input weight* dan berlanjut masuk ke dalam *gameplay*, lalu yang terakhir *button introduction* untuk masuk ke dalam *scene introduction* dimana di dalamnya terdapat pengenalan-pengenalan *button* yang akan dipakai di dalam *gameplay*.



Gambar 3. Menu Utama Simulator

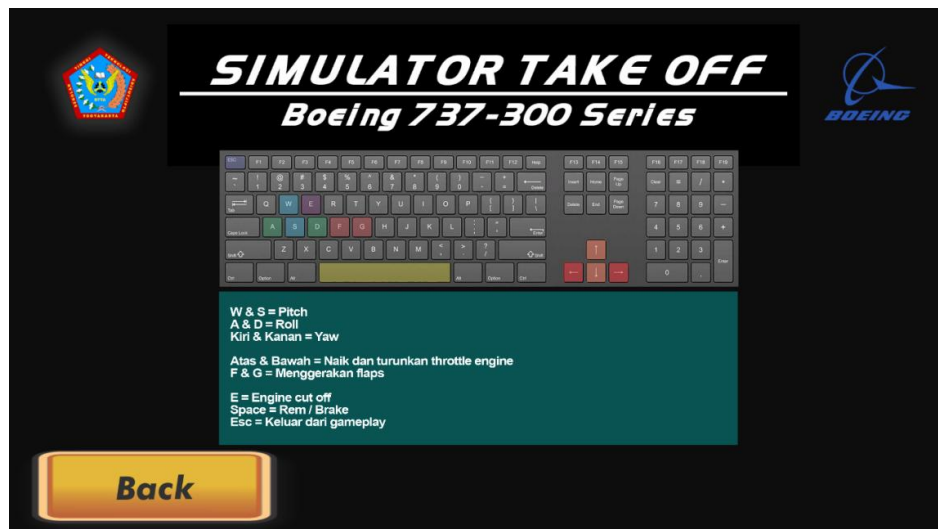
Tampilan *input weight* seperti pada Gambar 4, sesudah menekan *button play* pada tampilan menu utama, yang dimana *weight* tersebut akan dijadikan berat pada pesawat yang ada di dalam simulasi, dan akan ditampilkan pada tampilan *gameplay*. Pada simulasi ini, berat digunakan sebagai parameter utama untuk menentukan gerak pesawat terbang saat *takeoff* khususnya adalah kecepatan yang terjadi. Terdapat beberapa kecepatan dalam *takeoff* diantaranya adalah V_1 , V_R , dan V_2 dimana semuanya dipengaruhi oleh berat pesawat terbang saat *takeoff*.



Gambar 4. Tampilan *Input Weight*

Tampilan *introduction* seperti pada Gambar 5, menjelaskan *button* yang akan dipakai saat masuk ke dalam *gameplay*. di dalamnya terdapat gambar *button* dan deskripsi

penggunaannya, agar *user* dapat mengetahui fungsi penggunaan *button* yang diperlukan di dalam *gameplay*.



Gambar 5. Tampilan *Introduction*

Tampilan *gameplay* seperti pada Gambar 6, terdapat tiga indikator yang berfungsi untuk melihat kondisi pesawat. Seperti indikator *airspeed* untuk melihat kecepatan pesawat, indikator *altitude* untuk melihat pergerakan pesawat, dan yang terakhir indikator *altimeter* untuk melihat ketinggian pesawat dari batas permukaan air laut. Pada tampilan pojok kanan bawah terdapat dua *throttle* yaitu *throttle* yang berwarna merah untuk menggerakan *engine* pesawat dan yang berwarna biru untuk menggerakan *flaps* pada pesawat. Untuk di bagian pojok atas terdapat dua tampilan yaitu berat pesawat yang pada sebelum *scene* ini *user* memasukkan berat pesawat yang diinginkan dan *distance* untuk melihat berapa jarak pesawat dari titik awal sampai terbang berguna untuk menentukan V_1 , V_R dan V_2 . V_1 merupakan kecepatan yang digunakan oleh pilot untuk mambatalkan atau melanjutkan *takeoff* jika terjadi kegagalan pada salah satu mesin pesawat terbang. V_R merupakan kecepatan saat pilot menarik *stick* untuk membuat pesawat terbang berotasi. Saat kondisi V_R , *elevator* didefleksi ke atas sehingga hidung pesawat terbang akan berotasi ke atas. V_2 merupakan kecepatan yang aman untuk melakukan *climb* walaupun terjadi kegagalan pada salah satu mesin pesawat terbang.



Gambar 6. Tampilan *Gameplay*

3.5 Pengujian Simulator

Pengujian bertujuan sebagai suatu investigasi yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai kualitas dari suatu produk. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian menggunakan *black box testing*. Pengujian *black box* dengan cara melakukan pengecekan fungsi dan tombol yang terdapat pada simulator untuk mengetahui apakah fungsi dapat berjalan dengan baik atau tidak. Pengujian tersebut meliputi pengujian pada halaman utama (Tabel 1), halaman *input weight* (Tabel 2), dan halaman *gameplay* simulator dengan skenario uji *throttle engine* dan *throttle flaps* (Tabel 3).

Tabel 1. Pengujian Halaman Utama

Kelas Uji	Skenario Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Yang Didapatkan
Halaman Menu Utama	<i>Button Exit</i>	Keluar Dari Simulator	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Button Play</i>	Masuk Kedalam Halaman <i>Input Weight</i>	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Button Introduction</i>	Masuk Kedalam Halaman <i>Introduction</i> ,	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil

Pada Tabel 1 menunjukkan pengujian pada kelas uji halaman menu utama dengan skenario *button exit*, *play*, dan *Introduction*. Hasil pengujian dilihat dari Tabel 1 menunjukkan bahwa *Flight simulator* ini dapat dijalankan pada sistem operasi Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), dan Windows 10 (64-bit), namun tidak dapat dijalankan pada sistem operasi Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit).

Tabel 2. Pengujian Halaman Input Weight

Kelas Uji	Skenario Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Yang Didapatkan
Halaman <i>Input Weight</i>	<i>Button Back</i>	Kembali ke halaman menu utama	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Dropdown Input Weight</i>	Ada dua <i>input</i> yaitu 40.000 kg dan 60.000 kg, memilih salah satu <i>input</i> .	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Button Play</i>	Masuk ke dalam tampilan simulator	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil

Pada pengujian halaman *input weight* (Tabel 2) dengan skenario *button exit*, *dropdown input weight*, *button play*. Pengujian halaman *input weight* dilakukan dengan menggunakan perangkat laptop dengan sistem operasi Windows 7 (64-bit) dan (32-bit), Windows 8 (64-bit) dan (32-bit), dan Windows 10 (64-bit).

Tabel 3. Pengujian Halaman *Gameplay*

Kelas Uji	Skenario Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Yang Didapatkan
Halaman <i>Gameplay Simulator</i>	<i>Throttle Engine, (Color Red)</i> dengan mengklik tombol	Menaikkan <i>grip</i> pada <i>throttle engine</i> ke atas untuk menambah <i>power engine</i> .	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil

	<i>keyboard</i> tanda panah keatas		Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Throttle Engine, (Color Red)</i> dengan mengklik tombol <i>keyboard</i> tanda panah kebawah	Menurunkan <i>grip</i> pada <i>throttle engine</i> ke bawah untuk mengurangi <i>power engine</i>	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Throttle Flaps, (Color Blue)</i> dengan mengklik tombol <i>keyboard</i> (F)	Menurunkan <i>grip</i> pada <i>throttle flaps</i> ke bawah untuk menambah <i>flaps</i>	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Throttle Flaps, (Color Blue)</i> dengan mengklik tombol <i>keyboard</i> (G)	Menaikkan <i>grip</i> pada <i>throttle flaps</i> ke atas untuk mengurangi <i>flaps</i>	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Button Key (W)</i> pada <i>keyboard</i>	Untuk membuat pergerakan gaya <i>pitch</i> ke atas pada pesawat	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Button Key (S)</i> pada <i>keyboard</i>	Untuk membuat pergerakan gaya <i>pitch</i> ke bawah pada pesawat	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan

			Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Button Key (A) pada keyboard</i>	Untuk membuat pergerakan gaya <i>roll</i> ke kiri pada pesawat	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Button Key (D) pada keyboard</i>	Untuk membuat pergerakan gaya <i>roll</i> ke kanan pada pesawat	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Button key (tanda panah kanan) pada keyboard</i>	Untuk membuat pergerakan gaya <i>yaw</i> ke kanan pada pesawat	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Button key (tanda panah kiri) pada keyboard</i>	Untuk membuat pergerakan gaya <i>yaw</i> ke kiri pada pesawat	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Button key (Space) pada keyboard</i>	Untuk melakukan fungsi <i>brake</i> / rem pada pesawat	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil

	<i>Button key (E) pada keyboard</i>	Untuk melakukan fungsi <i>engine cut off</i> pada pesawat	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil
	<i>Button Key (Esc) pada keyboard</i>	Untuk keluar dari tampilan <i>gameplay</i>	Windows 7 (64-bit), Windows 8 (64-bit), Windows 10 (64-bit), [<input checked="" type="checkbox"/>] Berhasil [<input type="checkbox"/>] Tidak berhasil Catatan : Windows 7 (32-bit) dan Windows 8 (32-bit), Tidak berhasil

Pada pengujian halaman *gameplay* (Tabel 3) simulator dengan skenario uji *throttle engine*, *throttle flaps* yang digunakan dengan menggunakan *key button* untuk *throttle engine* yaitu W dan S, lalu untuk *throttle flaps* yaitu tanda panah ke atas dan ke bawah, selain beberapa fungsi *key button* lainnya. Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat laptop dengan sistem operasi Windows 7, Windows 8, dan Windows 10 dengan *system type* 64-bit dan 32-bit.

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan beberapa perangkat dapat disimpulkan bahwa simulator 3D *take off* pada pesawat terbang berbasis desktop dapat dijalankan dan berfungsi dengan baik pada Windows 7, Windows 8, Windows 10 dengan *system type* 64-bit. *Flight simulator* ini tidak support pada *system type* 32-bit, saat pengujian *flight simulator* tidak dapat dijalankan dan ada peringatan *error*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisa dan uji simulator yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. *Flight simulator* untuk *takeoff* pesawat Boeing 737-300 *series* sudah berfungsi dengan baik dan dapat menunjukkan informasi pergerakan dan keadaan pada pesawat dalam melakukan penerbangan dalam melakukan fase *takeoff* dengan kondisi *weight*, kecepatan saat pesawat melaju di *runway*, kondisi tekanan angin di *runway* dan *flaps* yang sudah akan diatur dalam *flight simulator* ini.
2. Faktor yang mempengaruhi pesawat dan beberapa fungsi yang ada pada *flight simulator* sudah teruji dengan menggunakan pengujian *black box testing*.

Daftar Pustaka

- [1] Nidzom, S., & Suprianto, B. (2016). Pengembangan Media Trainer Wireless Sensor Network Berbasis Mikrokontroller Atmega 16 Sebagai Sistem Monitoring Suhu dan Arus Pada Trafo Jaringan Distribusi Teknik Elektronika Industri SMKN 1 Blitar, *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 5(2).
- [2] Hidayat, A., & Adiputra, B. D. (2015). Perancangan Game *Flight simulator* N219 yang Dikendalikan dengan Perangkat Smartphone Android melalui Media Wi-Fi. *Compiler*, 4(1).
- [3] Retnowati, N. D., Astuti, Y., & Ermanto, S. (2013, December). Animasi 3D Pendukung Simulasi Fungsi Flight Controls Dan Landing Gears Supri Sukhoi Superjet 100. In *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta* (Vol. 1, pp. 93-107).
- [4] Syamsuar, S. (2019). Analisis Data Uji Prestasi Terbang Field Performance pada pesawat udara CN235. *Warta Penelitian dan Perhubungan*, 25(5), 337-343.
- [5] Aryanto, S., Retnowati, N. D., & Basir, B. (2014). Simulator Kendali Pesawat Terbang Extra 300 L Berbasis3d dengan Metode Simulation Game. *Compiler*, 3(1).
- [6] Aero Engineering. (2016). Fase Penerbangan Pesawat Terbang. Online: <http://aeroengineering.co.id/2016/03/fase-penerbangan-pesawat-terbang/>. Diakses 9 Mei 2019.
- [7] Saputra, A. D., Priyanto, S., Muthohar, I., & Bhinnety, M. (2017). Pengkajian Tingkat Beban Kerja Mental Pilot Pesawat Terbang Dalam Melaksanakan Tahap Fase Terbang (Phase of Flight). *Jurnal Teknik Sipil*, 13(3), 181-189.
- [8] Asfari, U., Setiawan, B., & Sani, N. A. (2012). Pembuatan Aplikasi Tata Ruang Tiga Dimensi Gedung Serba Guna Menggunakan Teknologi Virtual Reality [Studi Kasus: Graha ITS Surabaya]. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), A540-A544.
- [9] Wahana Komputer. (2014). *Mudah Membuat Game 3 Dimensi Menggunakan Unity 3D*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [10] Retnowati, N. D., Mulyani, S., & Talantha, F. (2019). Three Dimensional Simulation of Changes in Air Flow on a Jet Engine Desktop Based. *Compiler*, 8(1), 45-56.
- [11] Simaremare, Y., Pribadi, A., & Wibowo, R. P. (2013). Perancangan dan Pembuatan Aplikasi Manajemen Publikasi Ilmiah Berbasis Online pada Jurnal SISFO. *Jurnal Teknik ITS*, 2(3), A470-A475.
- [12] Retnowati, N. D., Kusumaningrum, A., & Kariada, I. M. (2016). Animasi 3d Pergerakan Pesawat pada Apron dan Runway. *Compiler*, 5(1).
- [13] Airport Compatibility. CAD 3-View Drawings for Airport Planning Purpose. Online: http://www.boeing.com/commercial/airports/3_view.page. Diakses 10 Juni 2019.