

Desain 3D Pesawat Terbang Menggunakan Teknik NURBS (*Implicit Surfaces Modeling*)

Nurchayani Dewi Retnowati
Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jl. Janti Blok R Adisucipto Yogyakarta
ndewiret@gmail.com

Abstract

Designing an aircraft can use a variety of methods one using software Blender. Blender is an open source application to divide images even 3D animation, rendering, and creating interactive and playback. In making the design of three-dimensional objects used implicit surface modeling techniques that exist in the software blender. Implicit Surface Modeling also called Curve Modeling is modeling utilizing the curve to form a field and there is no such thing as vertices in the curve. By using implicit surfaces modeling techniques more easily in the editing of a design. Simulation only be if they hover on the airframe (fuselage) will display a written description of the airframe.

Keywords: *Surface, Curve, design*

1. Pendahuluan

Perancangan pesawat terbang dapat menggunakan berbagai macam metode salah satunya dengan menggunakan perangkat lunak *Blender*. *Blender* adalah aplikasi *open source* untuk membagi gambar bahkan animasi 3D, *rendering*, serta pembuatan interaktif dan *playback*.

Blender telah terbukti menjadi alat desain yang sangat cepat dan serbaguna. Perangkat lunak ini menawarkan fitur yang unik untuk dunia tiga dimensi. Digunakan untuk membuat iklan TV, untuk membuat visualisasi teknis, bisnis grafis, melakukan *morphing*, atau desain antarmuka pengguna. *Renderer* fleksibel dan sangat cepat. Semua prinsip dasar animasi (kurva dan kunci) yang diterapkan sangat baik.

Beberapa kelebihan dari *software blender* [7] antara lain:

- a. *Open souce*. *Software blender* merupakan salah satu *software open source*, dimana kita bisa bebas memodifikasi *source code*-nya untuk keperluan pribadi maupun komersial, asal tidak melanggar *GNU General Public License* yang digunakan.
- b. Multi platform. Karena sifatnya yang *open source*, aplikasi ini tersedia untuk berbagai macam sistem operasi, seperti Linux, Mac, maupun Windows. Sehingga *file* yang dibuat menggunakan versi Linux tak akan berubah

- c. Sangat lengkap. Memiliki fitur yang lebih lengkap dari *software* 3D lainnya karena di dalamnya tersedia fitur *Video Editing*, *Game Engine*, *Node Compositing*, *Sculpting*.

Dalam teknik modeling 3 dimensi secara umum dibedakan menjadi 3 yaitu:

- a. *Constructive Solid Geometry (Primitive modeling)*, merupakan salah satu teknik dasar teknik pemodelan 3D. Modeling dibuat dari object primitive yang sudah ada seperti kubus, bola, silinder, dan lain sebagainya.
- b. *Implicit Surfaces (NURBS Modeling)* yang merupakan teknik pemodelan yang menggunakan perhitungan matematika. Biasanya menggunakan *curve*. *NURBS Modeling* disebut juga *Curve Modeling* yang merupakan modeling yang memanfaatkan *curve* untuk membentuk suatu bidang. Tidak ada yang namanya vertex dalam *curve*.
- c. *Subdivision Surface*. Awalnya teknik ini hanya digunakan untuk merepresentasikan bidang yang halus, namun belakangan dimanfaatkan bersamaan dengan teknik yang bernama *sculpting* (pahat) sehingga memungkinkan seseorang memahat objek 3D dalam bentuk digital.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *On NURBS : A Survey*

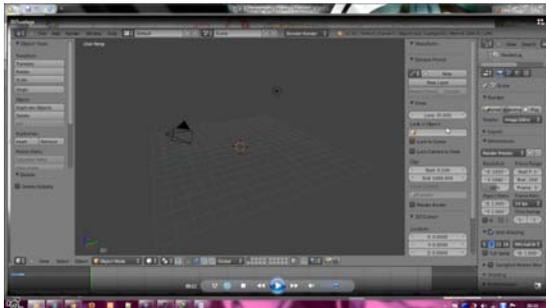
On NURBS : A Survey merupakan penelitian yang dilakukan oleh Les Piegl dari *University of Florida* pada tahun 1991. Penelitian ini didasarkan dari penemuan Pierre **Étienne** Bézier mengenai NURBS yang digunakan pada *Computer Aided Design* (CAD) yang sangat cocok untuk dunia industri dan benda yang bersifat polynomial rasional. Penelitian ini menjadi dasar semua penelitian tentang NURBS termasuk alasan penggunaan Nurbs untuk pemodelan 3D [5].

3. Metode Penelitian

Dalam pembuatan desain tiga dimensi digunakan teknik *implisit surfaces modeling* yang ada pada *software blender*. Pembuatannya melalui tahapan modeling (pembuatan model objek), texturing (pemberian warna pada objek), pengaturan kamera, lighting (pengaturan pencahayaan). Simulasi interaktif berupa pemberian penjelasan bagian pesawat terbang dibuat dengan menggunakan Action Script yang ada pada Adobe Flash.

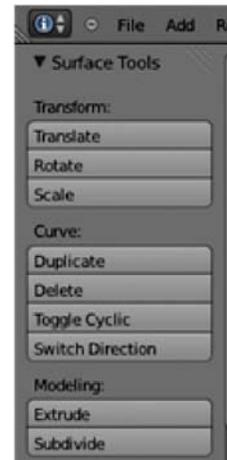
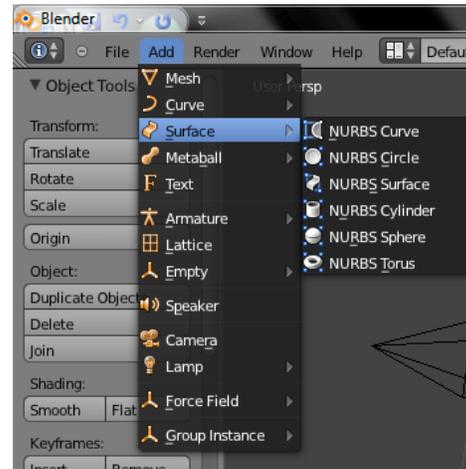
4. Hasil dan Pembahasan

3.2. Modeling



Gambar 1. Tampilan awal perangkat lunak *Blender* 3D

Pada Gambar 1 merupakan tampilan awal dari perangkat lunak *Blender* 3D. Pemodelan bagian-bagian pesawat dimulai dari pembuatan *body* (*fuselage*) pesawat, lalu dilanjutkan dengan bagian sayap, ekor, *jet engine* dan *landing gears*. Pada proses pembuatan modeling, menggunakan *implisit surfaces modeling* (Gambar 2).



Gambar 2. Teknik *Implisit Surfaces* dan *Surface Tools*

Macam-macam teknik *Implisit Surfaces* yang terdapat pada perangkat lunak *Blender* ada beberapa yaitu NURBS Curve, NURBS Circle, NURBS Surface, NURBS Cylinder, NURBS Sphere dan NURBS Torus.



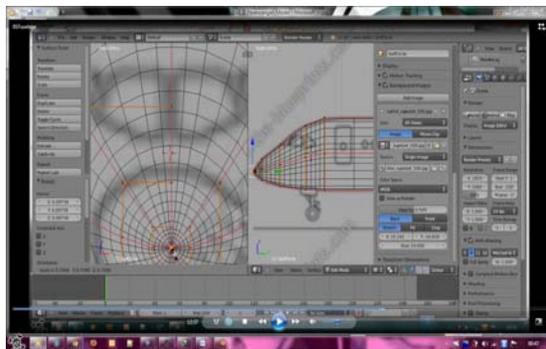
Gambar 3. Posisi Membuat Latar Belakang

Dalam membuat model objek bagian-bagian pesawat terbang digunakan *blueprint* sebagai latar belakang pada semua *view* atau tampilan (*front, back, bottom, top, right, left*). Model 3D akan diletakkan pada *layer* atau bagian 1.

3.1.1 Modeling Fuselage

Fuselage merupakan bagian badan pesawat. Langkah pertama dalam modeling *fuselage* dapat dilakukan dengan membagi tampilan menjadi 2 dengan cara klik kanan pada batas atas *Split Area*. Kemudian tampilan (*View*) diatur di kiri layar *Front View* dan di kanan layar *Right View* pada tab *View*.

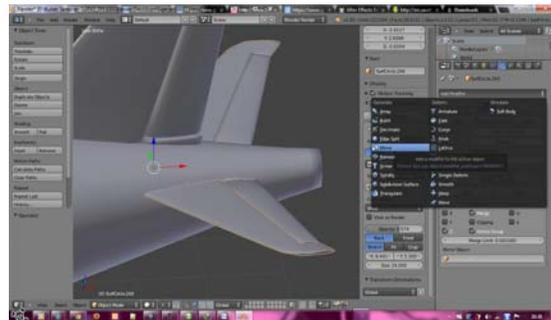
Pembuatan model dengan teknik *Implicit Surfaces*, pada menu *Add > Surface > NURBS Circle* atau *shift+A > Surface > Nurbs Circle*. Kemudian diatur posisinya sesuai dengan *Blueprint* untuk mempermudah dalam pemodelan.



Gambar 4. Tampilan Kokpit dengan Tampilan Wireframe

Untuk memperbaiki bagian kokpit seperti contoh atau desainnya, dapat dilakukan *Extrude* atau penarikan objek beberapa kali melalui tampilan dari kanan kemudian mengikuti garis perancangan pesawat, dengan cara *Transformasi Scale (key S)* atau menu di samping kanan *Transform Scale*. Untuk memperbaiki bagian ekor pesawat juga dapat dilakukan hal yang sama saat memperbaiki bagian kokpit.

Maka jadilah *Fuselage* atau badan pesawat sesuai dengan desain yang ditentukan. Untuk membuat lebih halus model objek *fuselage*, dapat digunakan *Modifier Smooth*, dan bisa diatur tingkat kehalusannya. (*Factor = Tingkatan, Repeat = perulangan tingkatan*) seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Modifier Mirror dan Tampilan Pengaturannya

Langkah selanjutnya dengan memberi nama pada *Surfcircle* untuk mempermudah mengenali, penanda dan mempermudah dalam pengeditan yang selanjutnya (seperti yang terlihat pada Gambar 6).

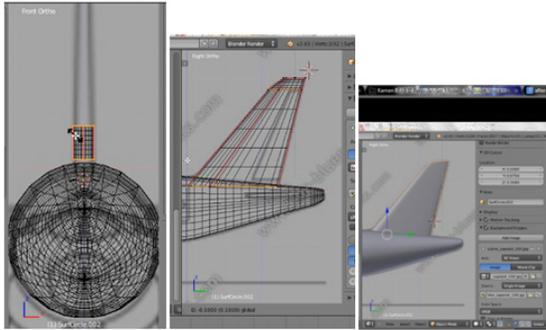


Gambar 6. Penamaan *Fuselage*

3.1.2 Modeling *Fin*

Modeling *fin* pertama kali dapat dilakukan dengan cara mengatur posisi kursor pada desain cetak birunya yang terletak pada ekor pesawat. Lalu ditambahkan *Surface Nurbs Circle* ke layar *Shift+A > Surface > Nurbs Circle* dan mengatur posisi *Nurbs Circle* tegak lurus. Pada tampilan depan, atur ketebalan *Circle* dengan teknik *Scale (key S)* sesuaikan dengan *blueprint* tampilan depan (sesuai Gambar 15). Pada tampilan dari kanan, ambil titik terakhir di belakang, kemudian tarik sampai ke batas desain sirip, ini agar membentuk sirip yang mempunyai bentuk yang aerodinamis. Kemudian ambil semua titik-titik pada bagian atas, *Extrude (key E)*, tarik ke atas, sesuaikan dengan desain dan untuk menutup lubang di atas, *Extrude (key E)* kemudian *Scale (key S)* sampai titik-titik ketemu di tengah. Untuk

membuatnya lebih halus, digunakan *Modifier Smooth*, yang bisa diatur tingkat kehalusannya. Selanjutnya diberi nama *Fin* (tahapannya dapat dilihat seperti pada Gambar 7).



Gambar 7. Posisi Titik-Titik Kurva Membentuk Sirip

3.1.3 Modeling Jet Engine

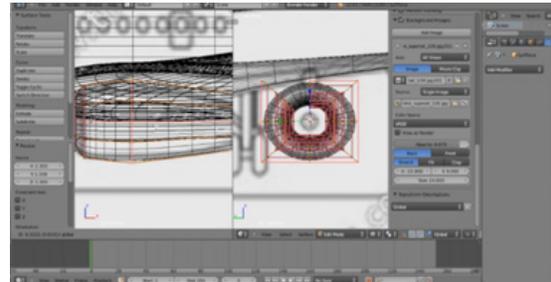
Pada modeling *Jet Engine* bagian dalam, akan membuat *propeller* atau kipasnya. Untuk penyangganya, dapat digunakan *Nurbs Circle* atau *Nurbs Cylinder*, kemudian dibuat seperti peluru, gunakan *Modifier Smooth* untuk memperhalus. Untuk *propeller*, gunakan *Nurbs Circle*, *Scale Manipulator* (menu bawah) pada sumbu Y, sehingga akan menyerupai lempengan. Lempengan *propeller* diposisikan pada *cylinder* peluru, diatur *Viewport* dari depan, kemudian klik *Duplicate > Rotate 15°*.

Penggabungan (*Join*) antara *Cylinder* peluru dengan lempengan *propeller* untuk mempermudah membentuk. Untuk membuat *propeller* seperti dipelintir (*Twist*), gunakan *Modifier Simple Deform > Twist*, sebelum itu atur semua titik pusat atau *Origin* lempengan *propeller* ke tengah (*Origin to Center Mass* (titik pusat ke pusat masa) atau *Origin to 3D cursor* (titik pusat ke kursor 3D)). Kemudian set *Deform 1.7* skala pada *Modifier Simple Deform > Twist*.

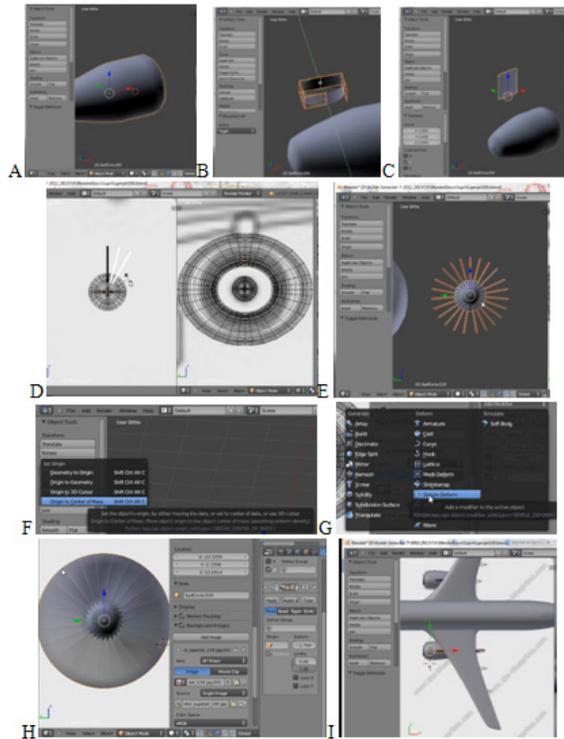
Langkah selanjutnya, mengatur posisi (diberi nama *REngine* dan *LEngine*) *Propeller* ke dalam tabung *Jetengine*. Untuk *Jetengine*, set *Origin* di tengah badan pesawat, kemudian *Modifier Mirror*. Untuk *Propeller*, dapat dilakukan *Duplicate*, dan diposisikan di *jetengine* yang satunya. Maka *Jetengine* dengan *propeller* siap untuk beraksi.

Penyangga *Jet engine* juga dibuat pada sayap utama seperti pada Gambar 8 menggunakan *Surface Nurbs Circle*, kemudian *edit*, *Extrude*,

Subdivide kurva dan diposisikan seperti desain yang ada. Gambar 9 merupakan tahapan pembuatan *jet engine*.



Gambar 8. Teknik *Surface Nurbs Circle*



Gambar 9. Tahap Pembuatan *Jet Engine* dan *Propeler*

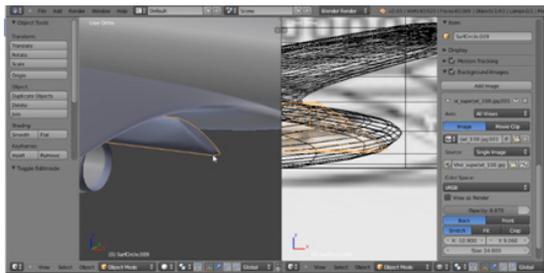
Langkah selanjutnya, mengatur posisi (diberi nama *REngine* dan *LEngine*) *Propeller* ke dalam tabung *Jetengine*. Untuk *Jetengine*, set *Origin* di tengah badan pesawat, kemudian *Modifier Mirror*. Untuk *Propeller*, dilakukan *Duplicate*, dan diposisikan di *jetengine* yang satunya. Maka *Jetengine* dengan *propeller* siap untuk beraksi.

Buat penyangga *Jetengine* pada sayap utama menggunakan *Surface Nurbs Circle*, kemudian *edit*, *Extrude*, *Subdivide* kurva dan posisikan seperti desain yang ada.

3.1.4 Modeling Rudder

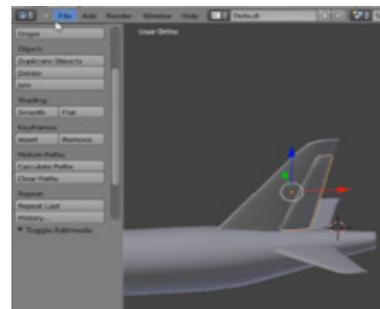
Rudder merupakan pengendali terbang yang terletak pada sirip (*Fin*) pesawat yang mengendalikan pergerakan pesawat pada *Yaw*, rotasi pada vertikal *axis*. Untuk membuatnya cukup gunakan teknik *Duplicate* dan *Trim*.

Masuk pada *Edit mode*, *Subdivide* semua kurva sehingga cukup nantinya untuk dibentuk atau dibagi menjadi dua bagian, bagian sirip dan bagian *Rudder*. Setelah kurva atau titik-titiknya cukup untuk dibagi menjadi dua bagian, atur posisi titik-titik atau kurva itu menjadi seperti desain atau gambar. Titik-titik atau kurva diseleksi yang menjadi bagian *Rudder*, kemudian kembali ke *Object Mode*, *Duplicate*, lalu pada obyek duplikat masuk ke *Edit Mode*, bagian sirip dihapus (*key X* atau *key Delete*).



Gambar 10. Penyangga *Jet Engine* Dengan *Surface Nurbs Circle*

Sekarang sudah ada dua obyek, Sirip dan *Rudder*. Selanjutnya pada obyek sirip, disatukan titik paling belakang yang menjadi bagian *Rudder* sehingga membentuk lubang yang menjadi tempat posisi *Rudder*. Kembali merapikan dan memposisikan sirip dan *Rudder* sesuai desain dan diberi nama *Fin* dan *Rudder* (lebih lengkap dapat dilihat pada Gambar 11).



Gambar 11. *Rudder* dan *Fin*

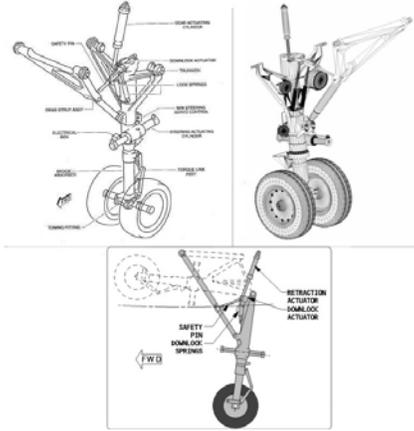
3.1.5 Modeling Sayap Utama

Hampir sama dengan sayap belakang, pembuatan sayap utama menggunakan teknik ATM, atur posisi pada desain *Blueprint* pesawat kemudian atur juga kurva mengikuti desain yang ada. Jika *Vertex* (Titik), *Edge* or *Curve* (Kurva/garis) kurang dari yang dibutuhkan untuk mengikuti bentuk sayap utama, gunakan *Subdivide* yang terletak pada menu kanan layar yang berfungsi membagi titik atau kurva sehingga modifikasi dapat lebih luas lagi jangkauannya. Untuk sayap utama pada bagian lainnya gunakan *Mirror* dan untuk memperhalus gunakan *Smooth*.

3.1.6 Modeling Landing Gears

Landing Gears merupakan alat yang digunakan untuk mengendalikan pesawat di darat yang biasanya berjumlah 3, 1 di depan dekat hidung pesawat atau

di kokpit, dan sepasang di sayap utama. Referensi *landing gears* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Referensi Landing Gears

Parts dipisahkan berdasarkan fungsi dan namanya sesuai desain dan seperti yang terlihat pada Gambar 12, ini dilakukan untuk memperluas animasi atau pergerakan yang dapat dibuat. Bagian rodanya menggunakan *Surface Nurbs Torus*, kemudian ditambahkan *Modifier Mirror*, dan set *Origin* diantara kedua roda. Untuk pipa penyangga alat pendarat menggunakan *Surface Nurbs Cylinder*.

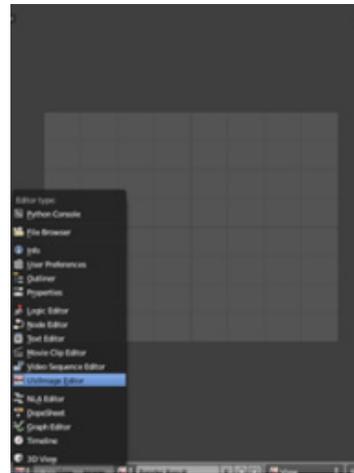
Untuk dua pasang *Steering Actuating Cylinder* yang terletak pada kedua sisi. Silinder horizontal dapat menggunakan *Surface Nurbs Cylinder*, kemudian posisikan dan *edit* seperti desainnya yang dapat menggunakan teknik *Extrude* (key E) pada *Edit Mode*. Untuk yang sepasang lagi, dapat menggunakan teknik *mirror* maupun *Duplicate*. Bagian kotak tempat penyangga silinder ini, dapat menggunakan *Surface Nurbs Circle* maupun *Cylinder*. Untuk membuatnya menjadi kotak yang cukup halus, lakukan *Subdivide* pada *Edit Mode* atau pindahkan titik-titik atau kurva kedua yang terakhir, berimpitan dengan titik-titik atau kurva yang terakhir, ini akan membuat model menjadi kotak.

Bagian baut penahan atau pengunci yang berbentuk seperti tabung besi, dapat menggunakan *Surface Nurbs Circle* atau *Cylinder*. Cukup dibuat satu yang nantinya dapat di perbanyak untuk digunakan dibanyak *parts* yang jika diperlukan dapat diubah atau di *edit*. Beberapa bagian yang menggunakan silinder ini adalah desain yang mempunyai fungsi yang sama dan bentuknya seperti silinder atau lingkaran pada desain.

3.2. Texturing

Texturing merupakan proses pemberian tekstur, warna maupun desain ke obyek. Untuk penelitian ini menggunakan metode *UV Maps*. *UV maps* atau *Mapping* merupakan sebuah proses pembuatan representatif gambar dua dimensi ke obyek tiga dimensi. Dibutuhkan banyak pengaturan agar hasil *Texturing* dapat keluar atau terlihat pada saat *Rendering*.

Untuk keseluruhan tampilan, *Split* atau bagi tampilan dalam 2 bagian yaitu *UV/Image Editor* dan *3D View* (terlihat pada Gambar 13). *UV/Image Editor* merupakan tempat untuk *Import Export texture* gambar 2D, mengatur tampilan tekstur dari gambar 2D dan lainnya. Disinilah tempat mengatur bagaimana jadinya hasil akhir dari tampilan luar obyek (eksterior). Kemudian dilakukan konversi dari *curve* atau *text* ke *Mesh* (*Alt+C*) jika ada obyek yang ingin diberikan gambar 2D sebagai tekstur. Dilanjutkan dengan membuat *Mark Seam* pada *Edit Mode* > *Mesh* > *Mark Seam* (terlihat pada Gambar 14). *Mark Seam* merupakan cara untuk memberi tanda dan membagi *mesh*.

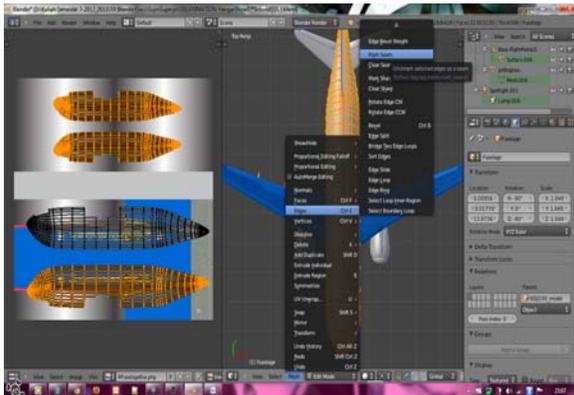


Gambar 13. Texturing

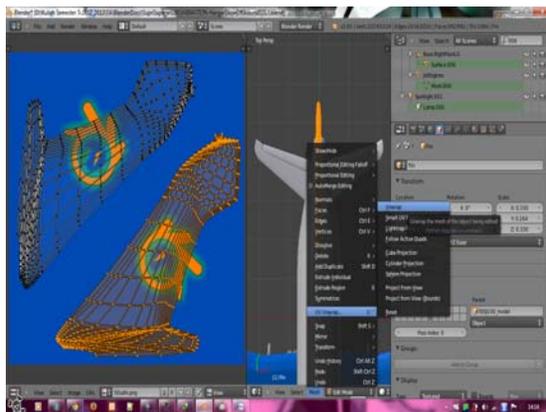
Selanjutnya dilakukan pengaturan pada *Properties Material* dan *Textures*. Pada *Material* bebas menerapkan warna dasar apa aja, yang terpenting di pemberian dan pemilihan warna *Material*. Setelah melakukan pengaturan *Material*, langsung ke pengaturan *Textures* karena mereka akan saling terhubung. pada *Textures* beri nama *Textures*, set *type Image or Movie*, *show Alpha*. Pada *Image*, pilih *file* tekstur gambar 2D yang dipakai

pada obyek. Pada *Color Space*, set *View as Render*. Pada *Mapping*, set *Coordinates* sama dengan *UV*, *Map* sama dengan *UV Maps*.

Yang dilakukan adalah klik *Edit Mode* pada obyek lakukan *Mesh > UV Unwarp > Unwarp* (Gambar 15) untuk menampilkan desain *UV* obyek pada *UV Image Editor*. Pada *UV Image Editor*, posisikan *texture* obyek *wireframe* dengan lakukan *key G* translasi (perpindahan), *key R* rotasi (perputaran) dan *key S* skala (perbesaran).



Gambar 14. Tampilan *Texturing UV Mapping* dengan *Mark Seam*

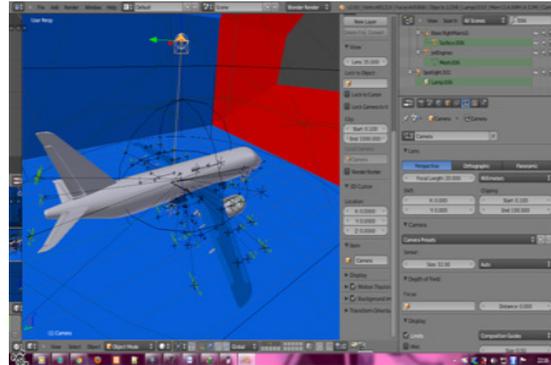


Gambar 15. Posisi *Unwrap UV* Obyek

3.3 Pengaturan Kamera dan Pencahayaan Pada Objek

Proses ini merupakan proses pengaturan posisi kamera, jumlah kamera, ukuran lensa dan lainnya. Untuk penelitian ini, menggunakan satu kamera yang posisinya dapat diatur sesuai keinginan dan tujuan. Untuk menambahkan obyek kamera

dengan *Add > Camera*. Pengaturan kamera seperti yang terlihat seperti Gambar 16, di *Properties* Camera dengan jenis kamera *Perspektive*, ukuran lensa (1024 x 800) dan *Focal Length* (jarak fokus kamera) 20.



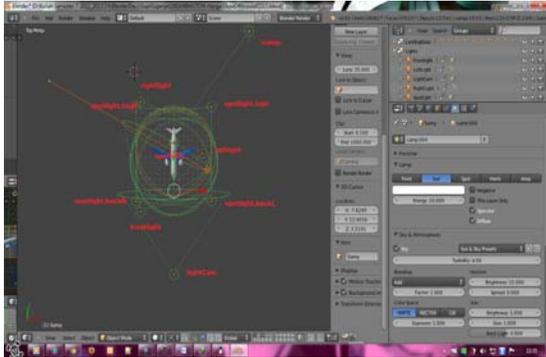
Gambar 16. Posisi Kamera, Dan Pengaturan Kamera

3.3.1. Lighting (Pencahayaan)

Lighting merupakan proses pengaturan posisi cahaya, jumlah cahaya, ukuran cahaya, warna, kekuatan cahaya dan lainnya. Pencahayaan buatan berjumlah sepuluh (seperti yang terlihat pada Gambar 17) yang terdiri dari *Frontlight*, *LeftLight*, *LightCam*, *RightLight*, *Spotlight*, *Spotlight.backL*, *Spotlight.backR*, *Spotlight.topL*, *Spotlight.topR* dan *Sunny*.

Frontlight merupakan cahaya jenis *Spot* yang digunakan untuk pencahayaan ke depan bagian pesawat termasuk perlengkapan pendaratan. *LeftLight* merupakan cahaya jenis *hemi* yang digunakan untuk pencahayaan dalam hanggar bagian kiri. *LightCam* merupakan cahaya jenis *Spot* yang digunakan untuk pemberi cahaya untuk kamera. *RightLight* merupakan cahaya jenis *hemi* yang digunakan untuk pencahayaan dalam hanggar bagian kanan. *Spotlight* merupakan cahaya jenis *spot* yang digunakan untuk memberi cahaya khusus ke pesawat. *Spotlight.backL* merupakan cahaya jenis *spot* yang digunakan untuk memberi cahaya khusus ke pesawat dari kiri atas. *Spotlight.topL* merupakan cahaya jenis *spot* yang digunakan untuk memberi cahaya khusus ke pesawat dari kiri atas. *Spotlight.backR* merupakan cahaya jenis *spot* yang digunakan untuk memberi cahaya khusus ke pesawat dari kanan belakang. *Spotlight.topR* merupakan cahaya jenis *spot* yang digunakan untuk memberi cahaya khusus ke pesawat dari kanan atas. *Sunny* merupakan cahaya jenis *sun* yang digunakan

untuk memberi cahaya seperti cahaya matahari yang diposisikan diluar hanggar dengan penambahan *sky* pada *sky & Atmosphere*.



Gambar 17. Pencahayaan Buatan

3.3. Simulasi

Simulasi pesawat dibuat dengan menggunakan *adobe flash* yang nantinya akan memberikan gambaran cara kerja pengendali terbang dan perlengkapan pendaratan pada pesawat. *Game* bersifat interaktif dimana diberikan *button* atau tombol dan fungsi *keyboard* sebagai fungsi yang mengatur permainan.

Pembuatan *flash game* ini dimulai dengan membuat *project* baru bernama *PesawatFlash* dengan cara klik menu *File > New (Ctrl+N)*, kemudian pilih *Flash File (ActionScript 3.0)*. Dilakukan perubahan *layer* dari *frame rate (FPS = 25)* dan ukuran (1024x800) melalui *properties*.

Simulasi pesawat berupa grafik interaktif dengan tombol *timeline*.

Gambaran umum dari teknik grafik interaktif dengan tombol *timeline* adalah munculnya penjelasan tentang gambar atau grafik yang ditunjuk oleh kursor. Contohnya, jika kursor diarahkan pada badan pesawat (*fuselage*) maka akan muncul tulisan penjelasan mengenai badan pesawat.

Tekniknya dimulai dengan membuat obyek 2D menyerupai dengan obyek gambar yang ingin dibuat grafik interaktif. Contohnya jika ingin membuat tombol interaktif *rudder*, maka dibuat obyek 2D menyerupai bentuk *rudder*, dengan cara menambahkan obyek segi empat (*Rectangle Tool* or

Rectangle Primitive Tool) atau segi lima (*PolyStar Tool*) pada *tools* yang kemudian dapat dirubah atau dimodifikasi sesuai keinginan dengan meng-klik dua kali (masuk *edit mode*). Lakukan perubahan pada *Fill and Stroke, no outline* (tanpa garis), 10% *blue* (transparan 10% biru). Setelah obyek jadi, lakukan konversi ke *button symbol* dengan cara klik kanan > *Convert to Symbol... >* pilih tipenya “*button*” dan diberi nama tombolnya (contoh *rudder_btn*).

Di *Timeline* akan ada *Up* dan *Over*. *Up* digunakan apabila akan ditampilkan setiap saat, sedangkan *Over*, akan ditampilkan setiap kursor menyentuh obyek. Maka tambahkan *keyframe* pada *frame Over* dengan cara klik kanan pada *framena*, pilih *Insert Keyframe*. Pada *frame* ini, tambahkan tulisan sesuai keinginan (di penelitian ini, hanya memberikan ide pokok dari pengertian obyek) contoh pada *rudder frame Over*, diberikan tulisan judul *Rudder* dengan penjelasan, “*The rudder is a fundamental control surface. It is the primary means of controlling yaw--the rotation of an airplane about its vertical axis.(more information press R).*” kemudian tambahkan garis penunjuk dari obyek ke tulisan. Dengan ini jadilah grafik interaktif dengan tombol *timeline*.

5. Kesimpulan

Desain modeling objek 3 dimensi menggunakan teknik implisit surface yang tidak terdapat vektor namun hanya terdapat titik-titik kurva sehingga lebih mudah dalam pengeditan suatu desain. Simulasi hanya berupa jika kursor diarahkan pada badan pesawat (*fuselage*) maka akan muncul tulisan penjelasan mengenai badan pesawat.

6. Saran

Pada penelitian selanjutnya, desain objek 3 dimensi dapat dengan menggunakan teknik *Subdivision Surface* atau disebut juga teknik *sculpting* yaitu memahat objek dalam bentuk digital sehingga pengetahuan akan pembuatan teknik modeling dapat bertambah, tak hanya tentang *Constructive Solid Geometry* dan *Implicit Surfaces* namun juga tentang *Subdivision Surface*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Currey, Norman S. 1988. *Aircraft Landing Gear Design: Principles and Practices*. Wahington, DC : AIAA Education Series.
- [2] Flavell, Lance. 2010. *Beginning Blender: Open Source 3D Modeling, Animation, and Game Design*. New York : Apress.
- [3] Gunawan, Bambi Bambang. 2013. *NGANIMASI Bersama Mas Be!*. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- [4] Piegl, Les. 1991. *On NURBS : A Survey*. South Florida : IEEE Computer Graphics & Applications.
- [5] Piegl, Les & Tiller, Wayne. 1997. *The NURBS Book : 2nd Edition*. New York : Springer.
- [6] Soekahar, Fidelis Josaphat. 2004. *Open Source 3D Animation : Blender Publisher Unleash*. Jakarta
- [7] <https://download.id/blender.html>, diakses pada tanggal 20 Oktober 2016.