



STUDI APLIKASI PEMBUATAN BENTUK 3D WAJAH MANUSIA DARI DATA DIGITAL 2D PADA MESIN ENGRAVING ROLAND MDX-40

Anugerah Kristianto S. (6095802)

Teknik Manufaktur
anukristian_91@yahoo.co.id

Abstrak –Mesin Roland MDX-40 sering diaplikasikan pada dunia industri untuk membuat prototip model 3D yang mengutamakan segi tampilan bentuk produk saja. Pada umumnya, penelitian yang banyak dilakukan menghasilkan bentuk komponen 3D dari data digital 2D, atau bentuk 2.5D dengan data digital 2D. Sampai saat ini jarang dilakukan penelitian pada mesin MDX-40 mengenai pembuatan bentuk 3D komponen dari data digital 2D. Salah satu contohnya adalah pembuatan bentuk 3D wajah manusia yang berasal dari data digital 2D. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari prinsip kerja dan parameter yang berpengaruh untuk aplikasi pembuatan bentuk 3D wajah manusia. Jenis data 2D yang digunakan adalah hasil foto digital berformat JPEG. Penelitian diawali dengan pengambilan foto wajah manusia menggunakan kamera Canon EOS100D. Untuk menghilangkan bagian yang tidak diperlukan dilakukan pengeditan dengan menggunakan *software* untuk *picture editing*. Lalu dilakukan perubahan *size* foto digital serta perubahan *file size* data 2D. Hasil dari proses editing 2D dikonversikan menjadi model 3D melalui *software* ArtCAM. Pada tahap ini, format 2D dikonversikan menjadi data 3D dengan format STL. Selanjutnya dilakukan proses pembuatan *toolpath* menggunakan *software* Modela Player 4, serta menentukan parameter proses pemesinannya. Pemesinan melalui dua proses yaitu *roughing* dengan pahat *end mill R2.5*, serta *finishing* dengan pahat *ball nose R2*. Data *toolpath* ditransfer ke mesin lalu dilakukan proses pemesinan pada material. Hasil konversi data dianalisis guna mengetahui bagaimana proses yang tepat untuk mengkonversi data digital 2D wajah manusia menjadi bentuk *relief* 3D. Sedangkan model *relief* 3D hasil pemesinan digunakan sebagai respon pembandingan untuk menentukan parameter konversi dan parameter pemesinan yang lebih baik. Dari penelitian idapat disimpulkan bahwa mesin Roland MDX-40 mampu untuk aplikasi pembuatan komponen 3D berbentuk wajah manusia dari data digital 2D. Eksperimen terbaik dihasilkan eksperimen yang menggunakan *smooth relief 1*, *invert relief concave shape*, dan *path interval 0.1 mm*.

Kata kunci: Roland MDX-40, model 3D, *relief* 3D, wajah manusia, *engraving*, data digital.

Abstract – Machine Roland MDX - 40 is often applied in the industrial world for prototyping 3D model that prioritizes product form in terms of appearance only. In general , many studies do produce a 3D component form of 2D digital data , or form 2.5D with 2D digital data. Until now rarely done research on the machine MDX - 40 about creating model 3D from 2D data. For example is the creation of 3D shapes of human faces derived from digital data. This research aims to study the working principle and influencing parameters for the application making 3D shapes of human faces. 2D data types used are the result of digital photos in the JPEG format. The study begins with capturing a human face image using camera Canon EOS100D. To eliminate unnecessary parts used software for picture editing. Then, do the conversion size digital photo file size as well as the conversion of 2D data. Results from 2D editing process is converted into a 3D model through ArtCAM software. At this stage , the 2D format is converted into 3D data in STL format. Then, creating toolpath data in Modela Player 4. Machining through two processes , namely roughing end mill with cutter R2.5, and finishing with ballnose cutter R2 . Toolpath data is transferred to the machine and do the machining process on the material . Conversion result data is analyzed to determine how the exact process for converting digital data into the form of a human face 2D 3D relief . While the 3D relief model of the machining results is used as a benchmark to determine the response of the conversion parameters and machining parameters better. Of the study concluded that the machine Roland MDX-40 is able to form the 3D component manufacturing applications of human faces from 2D digital data . Experiments produced the best experiment which uses smooth reliefs 1 , invert relief concave shape , and the path interval 0.1mm.
Keywords: Roland MDX - 40 , 3D models , 3D relief , human face , engraving , digital data .



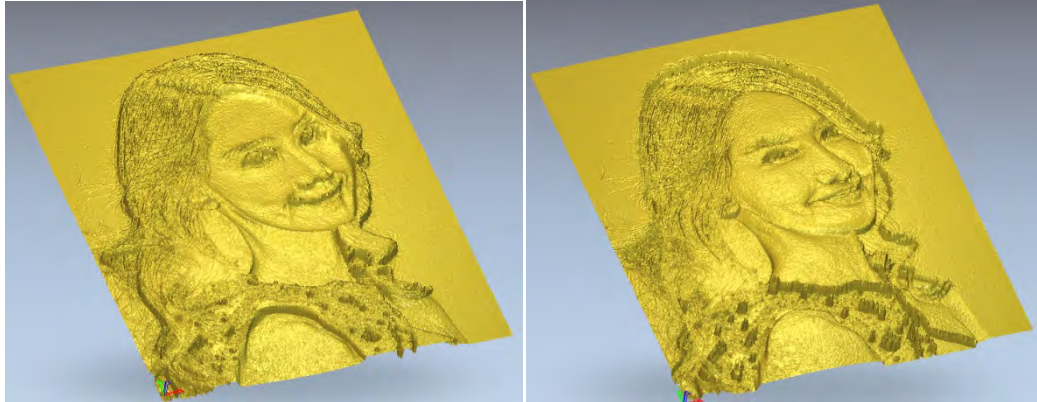
Pendahuluan

Mesin Roland MDX-40 dapat diaplikasikan pada dunia industri untuk membuat prototip yang mengutamakan segi tampilan bentuk, namun tidak ditujukan untuk pembuatan prototip yang mengutamakan segi fungsional. Pada umumnya, penelitian yang banyak dilakukan menghasilkan bentuk komponen 3D dari data digital 2D, atau bentuk 2.5D dengan data digital 2D. Sampai saat ini masih jarang dilakukan penelitian pada mesin Roland MDX-40 mengenai pembuatan bentuk 3D wajah manusia dari data digital 2D. Kesulitan dalam membuat suatu obyek 3D adalah diperlukan proses yang rumit dan panjang dalam mengukur obyek serta membuat alat cetak terlebih dahulu (*mold, die, cast*). Pembuatan bentuk 3D model yang sering dilakukan adalah dengan bantuan 3D *scanner*. Tetapi ada kelemahan dari penggunaan 3D *scanner*, yaitu jika digunakan untuk memindai bagian wajah manusia maka bagian mata dan rambut tidak dapat dipindai. Saat memindai dengan 3D *scanner* mata harus tertutup dan rambut tidak dapat terpindai karena permukaan rambut bersifat memantulkan sinar laser. Oleh karena itu 3D *scanner* tidak bisa didapatkan model 3D keseluruhan bagian wajah manusia. Cara lain yang dapat digunakan dalam membuat model 3D adalah dengan menggunakan obyek data digital 2 dimensi (2D) dan bantuan *software design*. Contoh obyek data digital 2D adalah foto yang diambil menggunakan kamera. Kelebihan jika dengan menggunakan cara ini adalah bagian wajah manusia seperti mata dan rambut yang tadinya tidak dapat terpindai oleh 3D *scanner* dapat dilakukan.

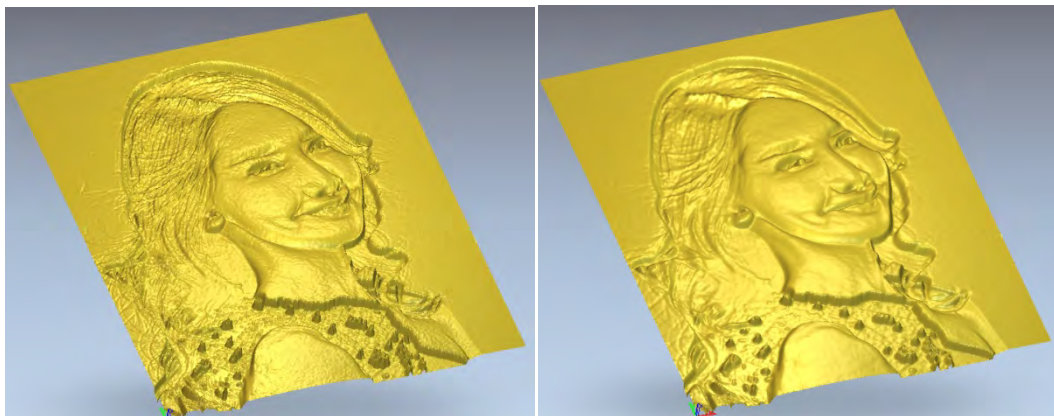
Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari prinsip kerja dan parameter yang mempengaruhi untuk aplikasi pembuatan bentuk 3D wajah manusia dari data digital 2D. Studi yang akan dilakukan yaitu mempelajari proses pembuatan dan parameter-parameter yang mempengaruhi dalam menghasilkan bentuk 3D wajah manusia menggunakan mesin Roland MDX-40. Terdapat 2 jenis parameter yang nantinya akan digunakan yaitu *smooth relief* dan *invert relief*. Ada 2 macam *invert relief* yang tersedia, yaitu *convex shape* dan *concave shape*. Perbedaan kedua jenis bentuk *invert relief* dapat ditunjukkan pada Gambar 1. *Smooth relief* merupakan fitur aplikasi pada ArtCAM yang mengubah kehalusan



permukaan model 3D. Gambar 2 menunjukkan contoh perbandingan tampilan *smooth relief*.



Gambar 1. Perbedaan jenis *invert relief* (kiri *convex shape*, kanan *concave shape*).



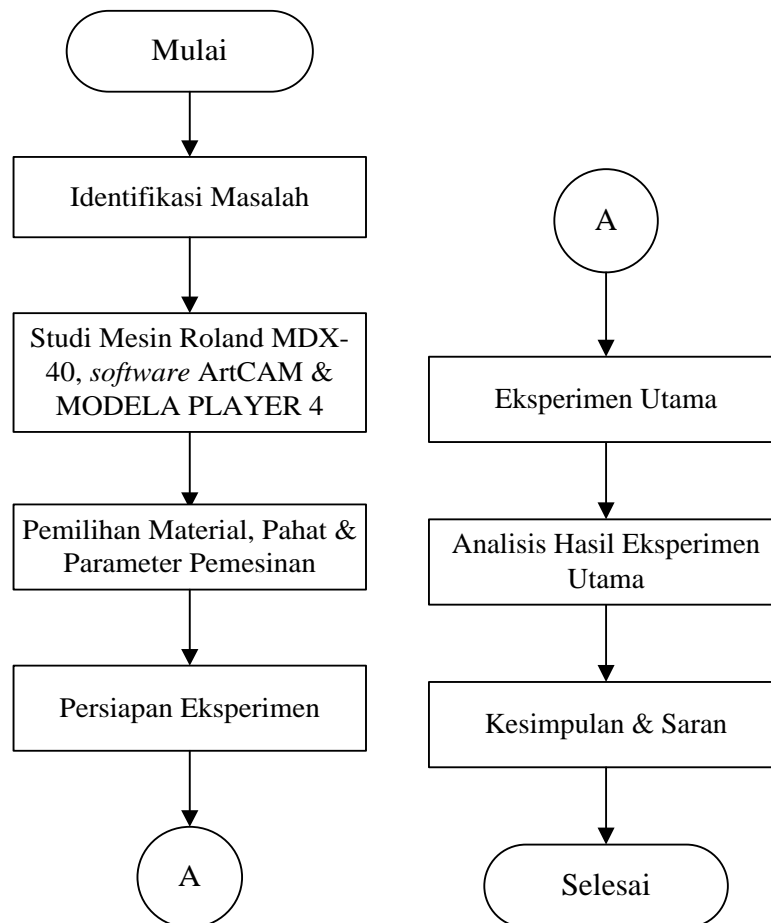
Gambar 2. Perbedaan nilai *smooth relief* (kiri *smooth relief 1*, kanan *smooth relief 3*).

Penelitian tentang pemanfaatan *software* ArtCAM telah ada sebelumnya, yaitu digunakan untuk pembuatan model 3D dari obyek berupa *artwork* hasil desain dengan menggunakan *software editing* (contohnya PhotoShop). Yean, dkk (1998) membuat model 3D tersebut tidak disertai dengan pemesinan untuk membuat hasil model 3D tersebut secara langsung. Penelitian yang lain adalah pemanfaatan *software* ArtCAM untuk perancangan cetakan pada dunia industri. Wismarini (2005) melakukan penelitian ini untuk membuat rancangan model cetakan dari obyek berupa data *bitmap* yang diambil dari *software* PhotoShop. Oleh karena itu, pada mesin mini milling dilakukan eksperimen terhadap parameter yang berpengaruh dalam pembuatan bentuk 3D (*relief*) wajah manusia



yang berasal dari obyek 2 dimensi yang berupa foto berformat JPEG. Pada eksperimen ini juga disertai dengan proses pembuatan *relief* menggunakan mesin Roland MDX-40.

METODE PENELITIAN

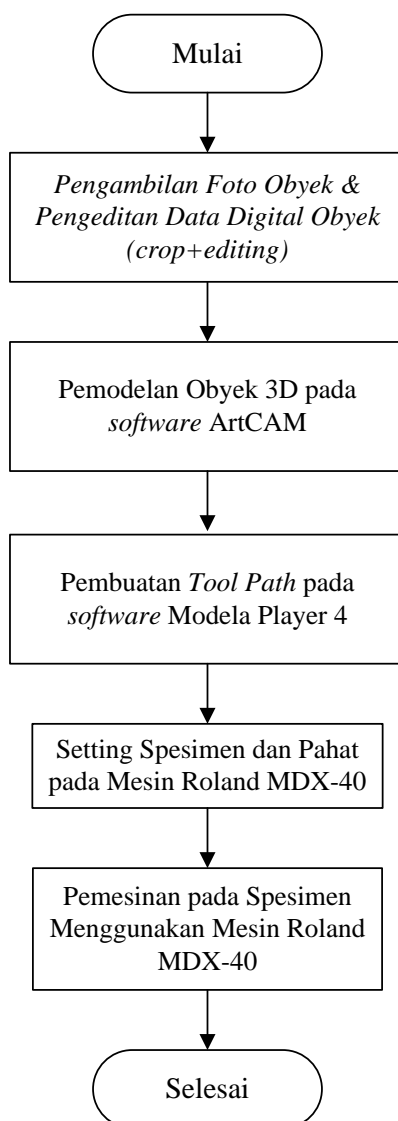


Gambar 3. Metode Penelitian

Gambar 3 menjelaskan tahapan penelitian yang akan dilakukan. Tahapan dimulai dengan melakukan identifikasi masalah dengan cara melakukan pengamatan terhadap utilitas mesin Roland MDX-40 yang ada di ruang CAD/CAM/CAE. Selanjutnya dilakukan studi pustaka untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam melakukan pembuatan *relief* 3D. Tahapan ini dilakukan agar dapat memahami lebih lanjut tentang cara pengoperasian serta cara pemanfaatan mesin dengan bantuan *software* ArtCAM.



Tahapan selanjutnya adalah tahapan persiapan eksperimen, dimana dilakukan pemilihan bahan, ukuran spesimen, pahat dan parameter pemesinan. Selain itu dilakukan juga persiapan yang berkaitan dengan pembuatan bentuk 3D yang berawal dari pengambilan foto obyek hingga dilakukan proses pembuatan *tool path*. Tahapan persiapan eksperimen dapat dilihat pada Gambar 4. Setelah itu dilakukan eksperimen utama, yang berupa pemesinan pada *engraving machine* Roland MDX-40. Hasil eksperimen yang diperoleh kemudian dianalisis. Analisis dilakukan adalah membandingkan hasil pemesinan yang diperoleh dengan tujuan penelitian dan parameter yang telah ditetapkan. Pada akhir penelitian diambil kesimpulan dari semua proses studi dan tahapan proses pemodelan 3 dimensi yang telah dilakukan mulai awal.



Gambar 4. Tahapan Persiapan Eksperimen



HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil eksperimen yang telah didapat, dilakukan analisis terhadap hasil keseluruhan eksperimen. Tabel 1 dan 2 menunjukkan parameter pemesinan yang digunakan pada eksperimen. Tabel 3 dan 4 menunjukkan rangkuman dari hasil eksperimen yang telah didapat.

Tabel 1. Parameter Eksperimen 1, 2 dan 3.

Parameter Proses	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
XY speed (mm/sec)	10	5
Z speed (mm/sec)	5	5
Spindle (rpm)	10000	15000
Cutting-in Amount (mm)	2	1
Path interval (mm)	2	0.44
Waktu (menit)	22	117

Tabel 2. Parameter Eksperimen 4 dan 5.

Parameter Proses	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
XY speed (mm/sec)	10	10
Z speed (mm/sec)	5	5
Spindle (rpm)	10000	15000
Cutting-in Amount (mm)	2	1
Path interval (mm)	2	0.1
Waktu (menit)	22	336




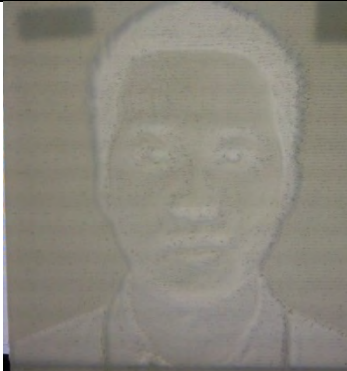






Tabel 3. Rangkuman Foto Hasil Eksperimen Tanpa Bantuan Pencahayaan

		
Foto Obyek	Foto Eksperimen 1.a	Foto Eksperimen 1.b
		
Foto Eksperimen 2.a	Foto Eksperimen 2.b	Foto Eksperimen 3.a
		
Foto Eksperimen 3.b	Foto Eksperimen 4.a	Foto Eksperimen 4.b
		
Foto Obyek Hasil Editing	Foto Eksperimen 5.a	Foto Eksperimen 5.b



Tabel 4. Rangkuman Foto Eksperimen Dengan Bantuan Pencahayaan.

		
Foto Obyek Asli	Foto Eksperimen 2.a	Foto Eksperimen 2.b
		
Foto Eksperimen 3.a	Foto Eksperimen 3.b	Foto Eksperimen 4.a
		
Foto Eksperimen 4.b	Foto Obyek Hasil Editing	Foto Eksperimen 5.a
		
Foto Eksperimen 5.b		



1. Eksperimen 1.a

Dari hasil eksperimen 1.a dan 1.b dilakukan tanya jawab kepada beberapa responden yang mengenal individu dari obyek foto yang digunakan, diperoleh suara terbanyak hasil eksperimen yang menyerupai obyek asli foto adalah eksperimen 1.b.

Pada bagian mata untuk eksperimen 1.a terlihat lebih menyeramkan karena berbentuk menonjol, sedangkan pada bagian alisnya menyerupai foto aslinya. Bagian hidung eksperimen 1.a bentuknya yang menjorok ke dalam material dan pada bagian lubang hidung terlihat menonjol. Bagian mulut eksperimen 1.a terlihat menonjol, terutama pada bagian bibir. Pada permukaan hasil eksperimen 1.a terlihat sisa garis *tool path* dan sisa serabut pemotongan sepanjang permukaan spesimen.

2. Eksperimen 1.b

Pada bagian mata untuk eksperimen 1.b terlihat lebih halus karena ketinggian bentuk bagian kelopak mata dan mata lebih menyerupai aslinya, sedangkan pada bagian alisnya kurang terlihat karena bentuknya menjorok ke dalam material. Bagian hidung eksperimen 1.b terlihat lebih menyerupai asli karena bentuknya yang menonjol dan lebih halus pada bentuk lengkungan batang hidungnya. Bagian mulut eksperimen 1.b terlihat menjorok ke dalam material bagian bibir. Pada permukaan hasil eksperimen 1.b terlihat sisa garis *tool path* dan sisa serabut pemotongan sepanjang permukaan spesimen namun lebih sedikit dibandingkan eksperimen 1.a.

3. Eksperimen 2.a

Dari hasil eksperimen 2.a dan 2.b dilakukan tanya jawab kepada beberapa responden yang mengenal individu dari obyek foto yang digunakan, diperoleh suara terbanyak hasil eksperimen yang menyerupai obyek asli foto adalah eksperimen 2.b.

Pada bagian mata untuk eksperimen 2.a terlihat lebih menyeramkan karena berbentuk menonjol, sedangkan pada bagian alisnya menyerupai foto aslinya. Bagian hidung eksperimen 2.a bentuknya yang



menjorok ke dalam material dan pada bagian lubang hidung terlihat menonjol. Bagian mulut eksperimen 2.a terlihat menonjol, terutama pada bagian bibir. Pada permukaan hasil eksperimen 2.a terlihat sisa garis *tool path* dan sisa serabut pemotongan sepanjang permukaan spesimen namun tak sebanyak yang ada pada eksperimen 1.

Dikarenakan material PP yang digunakan memiliki warna transparan maka dilakukan tambahan segi penilaian terhadap keserupaan dengan obyek menggunakan bantuan pencahayaan yang merata pada bagian *background*. Dengan menggunakan bantuan pencahayaan didapatkan bahwa eksperimen 2.a dengan bentuk *convex shape* lebih terlihat menyerupai aslinya jika dibanding eksperimen 2.b dengan bentuk *concave shape*. Hasil ini berlawanan jika tanpa menggunakan pencahayaan.

4. Eksperimen 2.b

Pada bagian mata untuk eksperimen 2.b terlihat lebih halus karena ketinggian bentuk bagian kelopak mata dan mata lebih menyerupai aslinya, sedangkan pada bagian alisnya kurang terlihat karena bentuknya menjorok ke dalam material. Bagian hidung eksperimen 2.b terlihat lebih menyerupai asli karena bentuknya yang menonjol dan lebih halus pada bentuk lengkungan batang hidungnya. Bagian mulut eksperimen 2.b terlihat menjorok ke dalam material bagian bibir. Pada permukaan hasil eksperimen 2.b terlihat sisa garis *tool path* dan sisa serabut pemotongan sepanjang permukaan spesimen namun lebih sedikit dibandingkan eksperimen 2.a.

5. Eksperimen 3.a

Dari hasil eksperimen 3.a dan 3.b dilakukan tanya jawab kepada beberapa responden yang mengenal individu dari obyek foto yang digunakan, diperoleh suara terbanyak hasil eksperimen yang menyerupai obyek asli foto adalah eksperimen 3.b.

Pada bagian mata untuk eksperimen 3.a terlihat lebih menyeramkan karena berbentuk menonjol, sedangkan pada bagian alisnya menyerupai foto aslinya. Bagian hidung eksperimen 3.a bentuknya yang



menjorok ke dalam material dan pada bagian lubang hidung terlihat menonjol. Bagian mulut eksperimen 3.a terlihat menonjol, terutama pada bagian bibir. Pada permukaan hasil eksperimen 3.a terlihat sisa garis *tool path* dan sisa serabut pemotongan sepanjang permukaan spesimen namun tak sebanyak yang ada pada eksperimen 2.

Dengan menggunakan bantuan pencahayaan didapatkan bahwa eksperimen 3.a dengan bentuk *convex shape* lebih terlihat menyerupai aslinya jika dibanding eksperimen 2.b dengan bentuk *concave shape*. Hasil ini berlawanan jika tanpa menggunakan pencahayaan.

6. Eksperimen 3.b

Pada bagian mata untuk eksperimen 3.b terlihat lebih halus karena ketinggian bentuk bagian kelopak mata dan mata lebih menyerupai aslinya, sedangkan pada bagian alisnya kurang terlihat karena bentuknya menjorok ke dalam material. Bagian hidung eksperimen 3.b terlihat lebih menyerupai asli karena bentuknya yang menonjol dan lebih halus pada bentuk lengkungan batang hidungnya. Bagian mulut eksperimen 3.b terlihat menjorok ke dalam material bagian bibir. Pada permukaan hasil eksperimen 3.b terlihat sisa garis *tool path* dan sisa serabut pemotongan sepanjang permukaan spesimen namun lebih sedikit dibandingkan eksperimen 3.a.

7. Eksperimen 4.a

Pada eksperimen 4 nilai *path interval* yang digunakan lebih kecil yaitu 0,1 dengan tujuan untuk mengetahui perbandingan dengan hasil eksperimen yang menggunakan nilai *path interval* lebih besar yaitu 0,44.

Dari hasil eksperimen 4.a dan 4.b dilakukan tanya jawab kepada beberapa responden yang mengenal individu dari obyek foto yang digunakan, diperoleh suara terbanyak hasil eksperimen yang menyerupai obyek asli foto adalah eksperimen 4.b.

Pada bagian mata untuk eksperimen 4.a terlihat lebih halus karena ketinggian bentuk bagian kelopak mata dan mata lebih menyerupai aslinya, sedangkan pada bagian alisnya kurang terlihat karena bentuknya menjorok ke dalam material. Bagian hidung eksperimen 4.a terlihat lebih



menyerupai asli karena bentuknya yang menonjol dan lebih halus pada bentuk lengkungan batang hidungnya. Bagian mulut eksperimen 4.a terlihat menjorok ke dalam material bagian bibir. Pada permukaan hasil eksperimen 4.a sudah tidak terlihat adanya garis-garis sisa pemotongan. Hal ini disebabkan pengaruh dari penggunaan nilai *path interval* yang kecil.

Dengan menggunakan bantuan pencahayaan didapatkan bahwa eksperimen 4.a dengan bentuk *concave shape* lebih terlihat menyerupai aslinya jika dibanding eksperimen 4.b dengan bentuk *concave shape*. Hasil ini berlawanan jika tanpa menggunakan pencahayaan.

8. Eksperimen 4.b

Pada bagian mata untuk eksperimen 4.b terlihat lebih halus karena ketinggian bentuk bagian kelopak mata dan mata lebih menyerupai aslinya, sedangkan pada bagian alisnya kurang terlihat karena bentuknya menjorok ke dalam material. Bagian hidung eksperimen 4.b terlihat lebih menyerupai asli karena bentuknya yang menonjol dan lebih halus pada bentuk lengkungan batang hidungnya. Bagian mulut eksperimen 4.b terlihat menjorok ke dalam material bagian bibir. Pada permukaan hasil eksperimen 4.b sudah tidak terlihat adanya garis-garis sisa pemotongan. Hal ini disebabkan pengaruh dari penggunaan nilai *path interval* yang kecil. Selain itu permukaan material lebih halus dikarenakan pengaruh pemberian *nilai smooth*.

9. Eksperimen 5.a

Pada eksperimen 5 obyek foto yang digunakan telah dilakukan proses editing untuk menghilangkan noda/gambar yang tidak diinginkan. Pada hasil eksperimen 5 tidak tampak lagi cekungan pada bagian dahi. Dari hasil tersebut diketahui dan dibuktikan bahwa untuk menghilangkan cekungan pada bagian yang tidak diinginkan dapat dilakukan proses editing pada foto obyek.

Dari hasil eksperimen 5.a dan 5.b dilakukan tanya jawab kepada beberapa responden yang mengenal individu dari obyek foto yang



digunakan, diperoleh suara terbanyak hasil eksperimen yang menyerupai obyek asli foto adalah eksperimen 5.b.

Pada bagian mata untuk eksperimen 5.a terlihat lebih halus karena ketinggian bentuk bagian kelopak mata dan mata lebih menyerupai aslinya, sedangkan pada bagian alisnya kurang terlihat karena bentuknya menjorok ke dalam material. Bagian hidung eksperimen 5.a terlihat lebih menyerupai asli karena bentuknya yang menonjol dan lebih halus pada bentuk lengkungan batang hidungnya. Bagian mulut eksperimen 5.a terlihat menjorok ke dalam material bagian bibir.

10. Eksperimen 5.b

Pada bagian mata untuk eksperimen 5.b terlihat lebih halus karena ketinggian bentuk bagian kelopak mata dan mata lebih menyerupai aslinya, sedangkan pada bagian alisnya kurang terlihat karena bentuknya menjorok ke dalam material. Bagian hidung eksperimen 5.b terlihat lebih menyerupai asli karena bentuknya yang menonjol dan lebih halus pada bentuk lengkungan batang hidungnya. Bagian mulut eksperimen 5.b terlihat menjorok ke dalam material bagian bibir.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan studi dan eksperimen yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa mesin Roland MDX-40 dapat diaplikasikan dalam pembuatan bentuk 3D wajah manusia. Dalam pembuatan bentuk 3D wajah manusia ditemukan tiga parameter yang mempengaruhi bentuk visual dalam pembuatan bentuk 3D wajah manusia, yaitu *invert relief*, *smooth relief* dan *path interval*.

Dari keseluruhan proses eksperimen yang telah dilakukan, hasil yang paling baik dan menyerupai bentuk visual obyek aslinya adalah eksperimen 5B. Prosedur proses yang digunakan pada eksperimen 5B adalah dimulai dengan pengambilan foto dengan setting kamera ISO 1600, *diafragma* 9 dan *speed* 1/10. Foto obyek di-*crop* dan dikurangi resolusinya hingga didapatkan *file size* yang tidak lebih dari 30 kb. Ukuran model 3D yang digunakan adalah 100 x 100 x 3 mm (p x l x t). Nilai *smooth relief* yang digunakan 1, *path interval* yang digunakan saat pemesinan 0,1 mm. Jenis *smooth relief* yang digunakan adalah



concave shape dan jika menggunakan pencahayaan jenis *invert relief* yang menyerupai aslinya adalah menggunakan *convex shape*. Data model 3 yang terbentuk diubah menjadi *triangle mesh* terlebih dahulu, lalu disimpan dalam bentuk format STL. Parameter yang digunakan untuk proses pemesinan adalah:

- *Roughing*

XY speed = 10 mm/sec

Z speed = 5 mm/sec

Spindle = 10000 rpm

Cutting in amount = 2 mm

Path interval = 2 mm

- *Finishing*

XY speed = 10 mm/sec

Z speed = 5 mm/sec

Spindle = 15000 rpm

Cutting in amount = 1 mm

Path interval = 0.1 mm

Berdasarkan proses dan hasil penelitian yang telah dilakukan masih terdapat banyak kekurangan, berikut adalah saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap optimasi parameter pemesinan karena pada penelitian ini durasi waktu pemesinan mencapai 6 jam untuk membuat satu bentuk 3D wajah manusia.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai optimasi *size* file JPEG dan resolusi gambar agar didapatkan bentuk 3D wajah manusia yang paling baik.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut yang mempertimbangkan tingkat keausan pahat terhadap hasil pembuatan model 3D wajah manusia.
4. Perlu adanya pemilihan lain atau pembuatan rancangan pencekam material pada meja kerja mesin Roland MDX-40.



DAFTAR PUSTAKA

Yean C. K., Kai C. C., Ong T., Feng L., *Creating Machinable Textures for CAD/CAM Systems, The International Journal of Advance Manufacturing Technology*, Singapore: Nanyang University, 1998.

Th. Dwiati Wismarini Th. D., Pemanfaatan *Software* ArtCAM untuk Peningkatan Produk Cetakan/ Matras dalam Skala Industri Menengah ke Bawah, Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK, volume X, No 2, Semarang, Universitas Stikubank, 2005.

Roland MDX-40 User's Manual

http://www.e-engraving.com/machines/roland/Roland_MDX-40_Modela.htm

<http://zeroseven.students.uii.ac.id/2012/06/01/artcam-tutorial/>

www.curbellplastics.com/technical.../plastics-machining-guidelines.pdf

support.rolanddga.com/docs/Documents/.../RU_MDX-40A_Set_Up.pdf

