

MODELISASI *GRINDER* KOPI MANUAL DENGAN PENGGABUNGAN KURVA BEZIER, KURVA HERMIT, DAN HASIL DEFORMASI TABUNG

*(Modeling of the Manual Coffee Grinder by Combining Bezier Curve,
Hermit Curve and Tube Deformation Result)*

Mohamad Febri Setiawan¹⁾, Bagus Juliyanto²⁾, Firdaus Ubaidillah³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37, Jember 68121, Indonesia

e-mail: mohamadfebry14@gmail.com, bagus.fmipa@unej.ac.id, firdaus_u@yahoo.com

Abstract. A coffee grinder is a tool for grinding coffee beans into coffee grounds. A manual coffee grinder consists of three parts, namely the container, the body, and the swivel. In this study, a manual coffee grinder was modeled by combining Bezier curves, Hermit curves and tube deformation results. Manual coffee grinder modeling processes are divided into four stages. The first, modeling the manual coffee grinder by dividing into two models, namely model A and model B. The second, determining the size of the manual coffee grinder components based on the model. The third, modeling manual coffee grinder components. Finally, combine the ingredients to produce a complete and varied manual coffee grinder. The result of this study is a manual coffee grinder component procedure that varies with the deformation technique. The deformation techniques used are dilation and translation.

Keywords: Bezier curve, Hermit curve, dilation, translation.

1. Pendahuluan

Grinder kopi merupakan suatu alat untuk menghaluskan biji kopi menjadi bubuk kopi. *Grinder* kopi terdiri dari dua jenis berdasarkan tenaga penggerakannya, yaitu *grinder* kopi manual dan *grinder* kopi elektrik. *Grinder* kopi manual mempunyai berbagai macam komponen, diantaranya wadah, badan dan putar. Bagian wadah sebagai tempat bubuk kopi yang sudah digiling. Bagian badan sebagai tempat gilingannya. Bagian putar sebagai alat putar gilingan yang digerakkan dengan tenaga manual atau tangan.

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu Triadi [3] mengenai modernisasi botol minum dengan mengaplikasikan kurva Bezier. Penelitian tersebut menggunakan kurva Bezier berderajat kurang dari atau sama dengan enam. Dalam penelitiannya, memutar kurva batas kurva Bezier untuk menghasilkan model yang bervariasi. Penelitian Fatmasari [1] mengenai penerapan teknik deformasi benda geometri pada lampu dinding. Penelitian tersebut menggunakan kurva Bezier dan penggabungan hasil deformasi beberapa benda geometri sehingga menghasilkan model yang lebih bervariasi. Dalam penelitiannya, untuk penghubung menggunakan tabung dan torus sehingga akan menghasilkan deformasi tabung yang bervariasi. Penelitian Safitri [4] mengenai modernisasi kotak tisu dengan penggabungan kurva Bezier, kurva Hermit, dan hasil

deformasi benda geometri. Penelitian tersebut menggunakan kurva Bezier berderajat tiga, empat, lima dan kurva Hermit kubik. Dalam penelitiannya, untuk menghasilkan sambungan kurva yang mulus maka pada sambungan kurva Bezier dan kurva Hermit menggunakan kekontinuan parametrik kurva. Pada penelitian ini akan dilakukan variasi pada komponen-komponen *grinder* kopi manual dengan kurva Bezier, kurva Hermit dan hasil deformasi tabung sehingga menghasilkan bentuk yang utuh dan bervariasi. Teknik deformasi yang digunakan yaitu dilatasi dan translasi.

Kurva Bezier

Menurut Kusno [2], bentuk parametrik kurva Bezier derajat-n $C(u)$ dinyatakan sebagai berikut:

$$C(u) = \sum_{i=0}^n P_i B_i^n(u) \tag{1}$$

dengan $0 \leq u \leq 1$ sebagai parameter

$$B_i^n(u) = C_i^n (1-u)^{n-i} u^i$$

$$C_i^n = \frac{n!}{i!(n-i)!}$$

P_i = koefisien geometri/titik kontrol kurva $C(u)$.

Kurva Hermit

Menurut Kusno [2], membentuk aljabar kurva Hermit kubik dinyatakan sebagai berikut:

$$P(u) = P(0)H_1(u) - P(1)H_2(u) + P^u(0)H_3(u) + P^u(1)H_4(u) \tag{2}$$

Dinotasikan $P(u) = P_0H_1 - P_1H_2 + P_0^uH_3 + P_1^uH_4$ dengan fungsi-fungsi basis Hermit $H_1(u), H_2(u), H_3(u)$, dan $H_4(u)$ sebagai berikut:

$$H_1(u) = 2u^3 - 3u^2 + 1,$$

$$H_2(u) = -2u^3 + 3u^2,$$

$$H_3(u) = u^3 - 2u^2 + u,$$

$$H_4(u) = u^3 - u^2,$$

Bentuk persamaan (2) disebut penyajian kurva dalam bentuk geometrik dan $P(0), P(1), P^u(0), P^u(1)$ merupakan koefisien geometris. Titik $P(0)$ sebagai titik awal kurva, $P(1)$ sebagai titik akhir kurva serta $P^u(0)$ sebagai vektor singgung di $p(0)$ dan $P^u(1)$ sebagai vektor singgung di $P(1)$ dengan $0 \leq u \leq 1$. Sedangkan fungsi-fungsi $H_1(u), H_2(u), H_3(u)$, dan $H_4(u)$ merupakan Basis Hermit.

Permukaan Putar

Menurut Kusno [2], permukaan putar adalah suatu permukaan yang dibangkitkan oleh suatu kurva ruang $C(u)$ (sebagai generatris) diputar mengitari sebuah sumbu g yang disebut sebagai sumbu putar.

Memutar kurva $C(u)$ terhadap sumbu putar OZ , maka terbentuk sebuah permukaan putar dengan persamaan parametrik:

$$S(u, \theta) = \langle C_x(u) \cos \theta, C_y(u) \sin \theta, C_z(u) \rangle \tag{3}$$

dengan $0 \leq u \leq 1$ dan $0 \leq \theta \leq 2\pi$.

Memutar kurva $C(u)$ terhadap sumbu putar OY , maka terbentuk sebuah permukaan putar

dengan persamaan parametrik:

$$S(u, \theta) = \langle C_x(u) \cos \theta, C_y(u), C_z(u) \sin \theta \rangle \quad (4)$$

dengan $0 \leq u \leq 1$ dan $0 \leq \theta \leq 2\pi$.

2. Metodologi

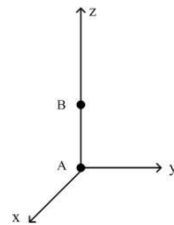
Metode penelitian yang digunakan untuk memodelisasi grinder kopi manual sebagai berikut:

1. Menentukan data berupa segmen garis, tabung, torus dan lingkaran.
2. Membangun dua model *grinder* kopi manual berdasarkan bentuknya yaitu model A dan model B.
3. Modelisasi komponen-komponen *grinder* kopi manual berdasarkan modelnya.
4. Menggabungkan komponen-komponen *grinder* kopi manual.
5. Penyusunan program modelisasi *grinder* kopi manual dengan bantuan *software* maple 18.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Modelisasi bagian wadah *grinder* kopi manual

Diberikan segmen garis \underline{AB} memiliki ukuran 6 satuan pada sumbu z (Gambar 1).



Gambar 1. Segmen-segmen bagian wadah *grinder* kopi manual

1. Modelisasi bagian wadah

Segmen \underline{AB} dibangun oleh kurva Bezier berderajat n dengan 3,4,5. Langkah untuk modelisasi bagian wadah sebagai berikut:

- a. Mentranslasikan titik A dan B sejauh k satuan searah sumbu y .
- b. Membangun kurva batas kurva Bezier berderajat n dengan titik A' dan B' sebagai titik tetap pada ketetapan sebagai berikut:

$$P_0 = (0,4,0) \text{ dan } P_n = (0,3,6).$$

- 1) Kurva batas menggunakan kurva Bezier berderajat tiga dengan persamaan:

$$C(u) = P_0(1-u)^3 + P_1(3u(1-u)^2) + P_2(3u^2(1-u)) + P_3u^3$$

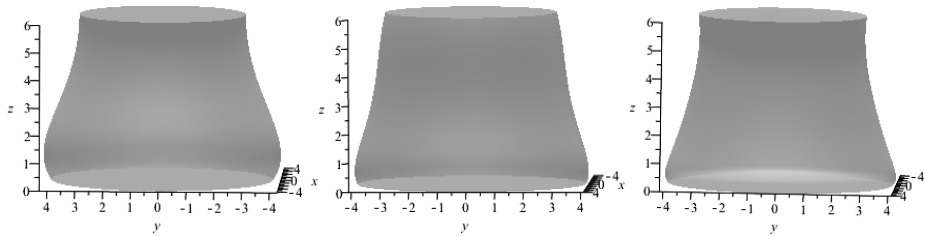
- 2) Kurva batas menggunakan kurva Bezier berderajat empat dengan persamaan:

$$C(u) = P_0(1-u)^4 + P_1(4u(1-u)^3) + P_2(6u^2(1-u)^2) + P_3(4u^3(1-u)) + P_4u^4$$

- 3) Kurva batas menggunakan kurva Bezier berderajat lima dengan persamaan:

$$C(u) = P_0(1 - u)^5 + P_1(5u(1 - u)^4) + P_2(10u^2(1 - u)^3) + P_3(10u^3(1 - u)^2) + P_4(5u^4(1 - u)) + P_5u^5$$

c. Memutar kurva batas segmen \underline{AB} yang telah diperoleh terhadap sumbu putar OZ dengan persamaan (4) (Gambar 2) :



Gambar 2. Permukaan putar bagian wadah

2. Membangun alas bagian wadah

Membangun alas bagian wadah menggunakan lingkaran di titik pusat $P(0,0,0)$ dan jari-jari 4 yang sejajar pada bidang XOY , persamaan sebagai berikut:

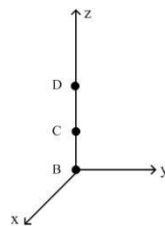
$$L(\theta) = \langle 4 \cos \theta, 4 \sin \theta, z \rangle$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$.

3.2 Modelisasi bagian badan grinder kopi manual

1. Grinder kopi manual model A

Misalkan diberikan segmen garis \underline{BD} memiliki ukuran 10 satuan pada sumbu z . Segmen \underline{BD} dibagi menjadi dua bagian, yaitu \underline{BC} memiliki ukuran 3 satuan, \underline{CD} memiliki ukuran 7 satuan (Gambar 3).



Gambar 3. Segmen-segmen bagian badan grinder kopi manual model A

a. Modelisasi bagian bawah badan model A

Segmen \underline{BC} dibangun oleh kurva Hermit kubik. Menggabungkan dua kurva yang menghasilkan sambungan kurva yang mulus, maka menggunakan kekontinuan parametrik sepanjang kurva yang harus terpenuhi kondisi kontinu orde nol dan orde satu. Langkah untuk modelisasi bagian bawah badan sebagai berikut:

1) Menggabungkan kurva antara bagian wadah pada kurva Bezier dan kurva Hermit bagian bawah. Sambungan kurva harus memenuhi kondisi kekontinuan parametrik, yaitu:

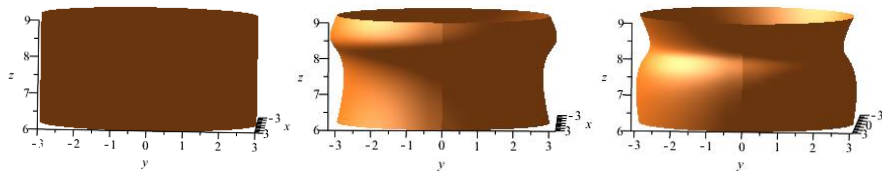
a) Kontinyu orde nol, apabila dipenuhi

$$P_3(0) = C_n(1)$$

b) Kontinyu orde satu, apabila dipenuhi

$$P_3^u(0) = C_n^u(1)$$

- 2) Menggabungkan kurva antara kurva Hermit bagian bawah dan kurva Bezier atas.
- 3) Membangun kurva batas dengan nilai titik $P(0)$, $P(1)$, $P^u(0)$ dan $P^u(1)$ yang telah dihitung.
- 4) Memutar kurva batas segmen \underline{BC} yang telah diperoleh terhadap sumbu putar OZ (Gambar 4).

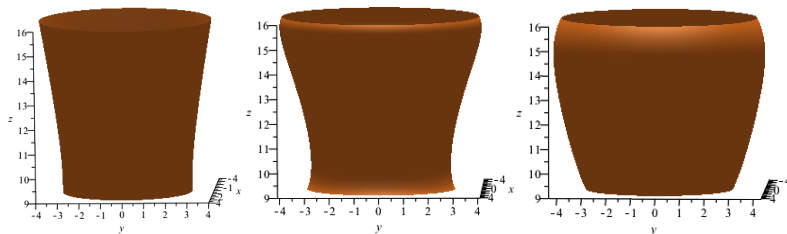


Gambar 4. Permukaan putar bagian bawah badan model A

b. Modelisasi bagian atas badan model A

Segmen \underline{CD} dibangun oleh kurva Bezier berderajat n dengan 3,4,5. Langkah untuk modelisasi bagian atas badan sebagai berikut:

- 1) Menranslasikan titik C dan D sejauh k satuan searah sumbu y .
- 2) Membangun kurva batas kurva Bezier berderajat n dengan C' dan D' sebagai titik tetap pada ketetapan sebagai berikut:
 $P_0 = (0,3,9)$ dan $P_n = (0,4,16)$.
- 3) Memutar kurva batas segmen \underline{CD} yang telah diperoleh terhadap sumbu putar OZ (Gambar 5).

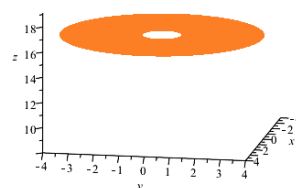


Gambar 4. Permukaan putar bagian atas badan model A

c. Membangun penutup bagian badan model A

Membangun penutup bagian badan menggunakan persamaan (5) dengan lingkaran di titik pusat $P(0,0,16)$, jari-jari dalam 0,75 satuan dan jari-jari luar 4 satuan yang sejajar pada bidang XOY , maka persamaan sebagai berikut :

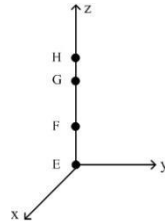
$L(\theta) = (0 + (0.75(1 - t) + 4. t) \cos \cos \theta, 0 + (0.75(1 - t) + 4. t) \sin \sin \theta, 16)$
 dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi, 0 \leq t \leq 1$ (Gambar 6)



Gambar 6. Penyajian penutup bagian badan model A

2. *Grinder* kopi manual model B

Diberikan segmen garis \underline{EH} memiliki ukuran 10 satuan pada sumbu z . Segmen \underline{EH} dibagi menjadi tiga bagian, yaitu \underline{EF} memiliki ukuran 3 satuan, \underline{FG} memiliki ukuran 5 satuan, \underline{GH} memiliki ukuran 2 satuan (Gambar 7).

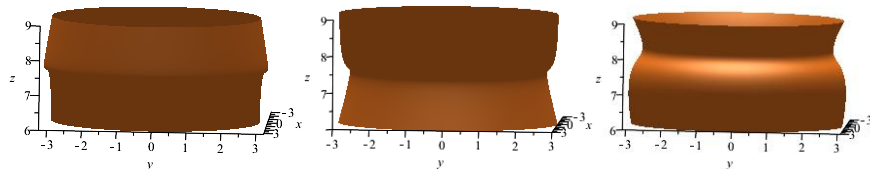


Gambar 7. Segmen-segmen bagian badan *grinder* kopi manual model B

a. Modelisasi bagian bawah badan model B

Segmen \underline{EF} dibangun oleh kurva Hermit kubik. Langkah untuk modelisasi bagian bawah badan sebagai berikut:

- 1) Menggabungkan kurva antara bagian wadah pada kurva Bezier dan kurva Hermit bagian bawah.
- 2) Menggabungkan kurva antara kurva Hermit bagian bawah dan kurva Bezier atas.
- 3) Membangun kurva batas dengan nilai titik $P(0)$, $P(1)$, $P^u(0)$ dan $P^u(1)$ yang telah dihitung.
- 4) Memutar kurva batas segmen \underline{EF} yang telah diperoleh terhadap sumbu putar OZ (Gambar 8).

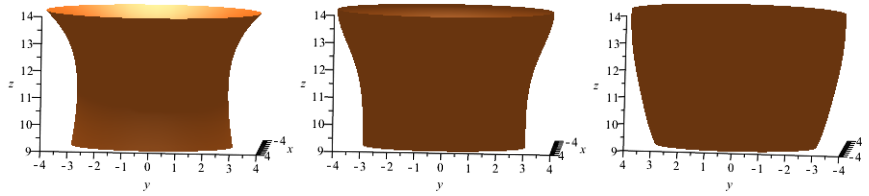


Gambar 8. Permukaan putar bagian bawah badan model B

b. Modelisasi bagian tengah badan model B

Segmen \underline{FG} dibangun oleh kurva Bezier berderajat n dengan 3,4,5. Langkah untuk modelisasi bagian tengah badan sebagai berikut:

- 1) Mentranslasikan titik F dan G sejauh k satuan searah sumbu y .
- 2) Membangun kurva batas kurva Bezier berderajat n dengan F' dan G' sebagai titik tetap pada ketetapan sebagai berikut:
 $P_0 = (0,3,9)$ dan $P_n = (0,4,14)$.
- 3) Memutar kurva batas segmen \underline{FG} yang telah diperoleh terhadap sumbu putar OZ (Gambar 9).



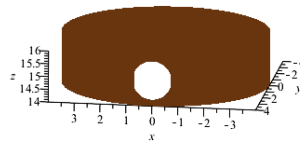
Gambar 9. Permukaan putar bagian tengah badan model B

c. Memodelisasi bagian atas badan model B

Segmen GH dibangun oleh tabung di titik $(0,0,14)$ jari-jari 4 satuan, tinggi 2 satuan yang sejajar sumbu z dengan persamaan sebagai berikut:

$$T(\theta, z) = (4 \cos \theta, 4 \sin \theta, z)$$

dengan $\frac{\pi}{18} \leq \theta \leq 1.9444444\pi$ dan $14 \leq z \leq 16$ (Gambar 10).



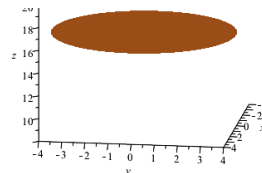
Gambar 10. Penyajian tabung bagian atas badan model B

d. Membangun penutup bagian badan model B

Membangun penutup menggunakan lingkaran pada titik pusat $P(0,0,16)$ dan jari-jari 4 satuan yang sejajar pada bidang XOY , persamaan sebagai berikut:

$$L(\theta) = (4 \cos \theta, 4 \sin \theta, 16)$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ (Gambar 11).

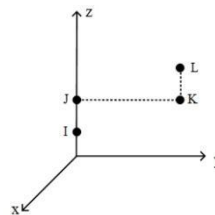


Gambar 11. Penyajian penutup bagian badan model B

3.3 Modelisasi bagian putar *grinder* kopi manual

1. *Grinder* kopi manual model A

Misalkan diberikan segmen garis IJ memiliki ukuran 2 satuan pada sumbu z , JK memiliki ukuran 9 satuan pada sumbu y , KL memiliki ukuran 2 satuan pada sumbu z (Gambar 12).

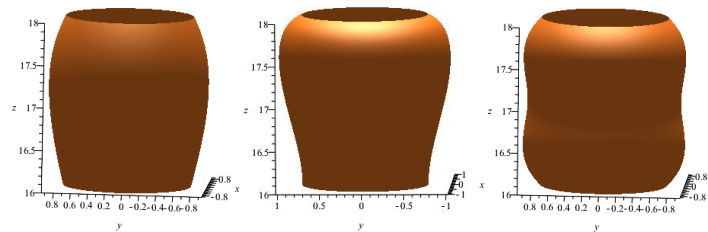


Gambar 12. Segmen-segmen bagian putar *grinder* kopi manual model A

a. Modelisasi tuas putar model A

Segmen IJ dibangun oleh kurva Bezier berderajat n dengan 3,4,5. Langkah untuk modelisasi tuas putar sebagai berikut:

- 1) Mentranslasikan titik I dan J sejauh k satuan searah sumbu y .
- 2) Membangun kurva batas kurva Bezier berderajat n dengan I' dan J' sebagai titik tetap pada ketetapan sebagai berikut:
 $P_0 = (0,0.75,16)$ dan $P_n = (0,0.75,18)$.
- 3) Memutar kurva batas segmen IJ yang telah diperoleh terhadap sumbu putar OZ (Gambar 13).



Gambar 13. Permukaan putar tuas bagian putar model A

b. Modelisasi panjang putar model A

Segmen JK akan dibangun oleh tabung dan torus. Langkah untuk modelisasi panjang putar sebagai berikut:

1) Model pertama

- a) Dibangun oleh tabung yang berpusat di titik $J(0,0.75,17)$ jari-jari 0,5 satuan dan tinggi 8,25 satuan yang sejajar sumbu y , persamaan sebagai berikut :
 $T(\theta, y) = (0.5 \cos \theta, y, 17 + 0.5 \sin \theta)$ dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $0.75 \leq y \leq 9$.
- b) Membangun torus dengan dengan titik pusat $K(0,9,18)$ dengan jarak antar pusat torus dan pusat lingkaran yaitu 1 satuan dan jari-jari dari lingkaran yang diputar adalah 0,5 satuan, maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

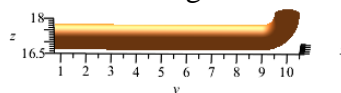
$$x(u, \theta) = 0.5 \sin \theta$$

$$y(u, \theta) = (1 + 0.5 \cos \theta) \cos u,$$

$$z(u, \theta) = (1 + 0.5 \cos \theta) \sin u,$$

dengan $u \leq 2\pi, \frac{3}{2}\pi \leq \theta \leq 2\pi$.

- c) Menggabungkan deformasi tabung dan torus (Gambar 14).



Gambar 14. Penyajian modelisasi panjang putar pertama model A

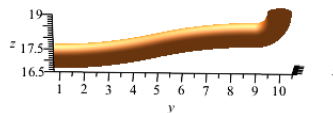
2) Model kedua

- a) Membagi tabung pada sumbu y dengan panjang 8,25 satuan menjadi dua bagian yang sama panjang sehingga didapatkan panjang 4.125 satuan setiap tabung.
- b) Deformasi tabung yang berpusat di titik $J'(0,0.75,17)$ jari-jari 0,5 satuan dan panjang 4,125 satuan dengan kelengkungan $0,5 v^2$, maka persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} x'(\theta, v) &= 0.5 \cos \cos(\theta) \\ y'(\theta, v) &= 0.75 + 4.125 v \\ z'(\theta, v) &= 17 + 0.5 \sin \sin(\theta) + 0.5 v^2 \end{aligned}$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $0 \leq v \leq 1$.

- c) Deformasi tabung yang berpusat di titik $J''(0,9,18)$ sedemikian hingga titik pertemuan antara dua tabung sama yaitu di titik yang sama.
- d) Menduplikasi torus sebelumnya pada model pertama, selanjutnya ditranslasikan sejauh 1 satuan ke arah sumbu z .
- e) Menggabungkan deformasi tabung dan torus (Gambar 15).

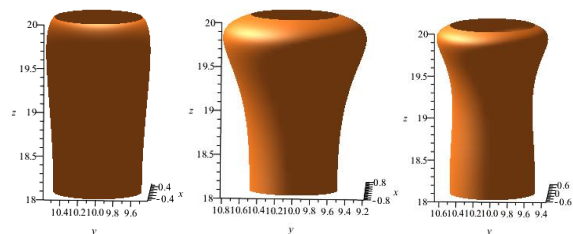


Gambar 15. Penyajian modelisasi panjang putar kedua model A

c. Modelisasi *handle* putar model A

Segmen KL dibangun oleh kurva Bezier berderajat n dengan 3,4,5. Langkah untuk modelisasi *handle* putar sebagai berikut:

- 1) Mentranslasikan titik K dan L sejauh k satuan searah sumbu y .
- 2) Membangun kurva batas dari Kurva Bezier berderajat n dengan K' dan L' sebagai titik tetap pada ketetapan sebagai berikut:
 $P_0 = (0,0.5,18)$ dan $P_n = (0,0.5,20)$.
- 3) Memutar kurva batas segmen KL yang telah diperoleh terhadap sumbu putar OZ , selanjutnya translasi sumbu putar sejauh 10 satuan ke arah sumbu y (Gambar 16)



Gambar 16. Permukaan putar *handle* putar model A

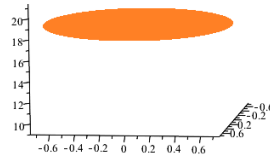
- 4) Permukaan putar diduplikasi dan translasi sejauh 1 satuan ke arah sumbu z .

d. Membangun penutup bagian putar model A

Langkah untuk membangun penutup tuas dan *handle* sebagai berikut:

- 1) Membangun penutup tuas dengan lingkaran titik pusat di $J(0,0,18)$ jari-jari 0,75 satuan dan sejajar dengan bidang XOY , persamaan sebagai berikut:

$$L(\theta) = \langle 0.75 \cos \theta, 0.75 \sin \theta, 18 \rangle \text{ dengan } 0 \leq \theta \leq 2\pi \text{ (Gambar 17).}$$

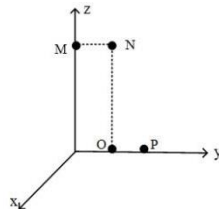


Gambar 17. Penyajian penutup tuas putar model A

- 2) Membangun penutup *handle* dengan mendilatasi penutup tuas dengan faktor perkalian $k_1 = k_2 = \frac{2}{3}$ satuan dan $k_3 = 1$ satuan. Selanjutnya lingkaran ditranslasi sejauh 10 satuan ke arah sumbu y dan 2 satuan ke arah sumbu z .
- 3) Duplikasi penutup *handle*, selanjutnya translasi sejauh 1 satuan ke arah sumbu z .

2. *Grinder* kopi manual model B

Misalkan diberikan segmen garis \underline{MN} memiliki ukuran 2 satuan pada sumbu y , \underline{NO} memiliki ukuran 10 satuan pada sumbu z , \underline{OP} memiliki ukuran 2 satuan pada sumbu y (Gambar 18).



Gambar 18. Segmen-segmen bagian putar *grinder* kopi manual model B

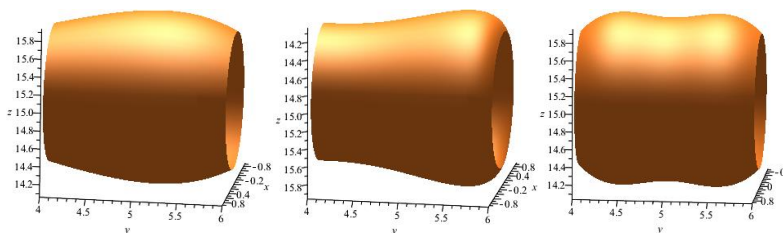
a. Modelisasi tuas putar model B

Segmen \underline{MN} dibangun oleh kurva Bezier berderajat n dengan 3,4,5. Langkah untuk modelisasi tuas putar sebagai berikut:

- 1) Mentranslasikan titik M dan N sejauh k satuan searah sumbu z .
- 2) Membangun kurva batas kurva Bezier berderajat n dengan M' dan N' sebagai titik tetap pada ketetapan sebagai berikut:

$$P_0 = (0,4,0.75) \text{ dan } P_n = (0,6,0.75).$$

- 3) Memutar kurva batas segmen \underline{MN} yang telah diperoleh melalui sumbu putar OY . Selanjutnya translasikan sumbu putar sejauh 15 satuan searah sumbu z (Gambar 19):



Gambar 19. Permukaan putar tuas putar model B

b. Modelisasi panjang putar model B

Segmen NO akan dibangun oleh tabung dan torus. Langkah untuk modelisasi panjang putar sebagai berikut:

1) Model pertama

- a) dibangun oleh tabung yang berpusat di titik $N(0,5,6)$ dengan jari-jari 0,5 satuan dan panjang 8,25 satuan yang sejajar sumbu z , maka persamaan sebagai berikut:

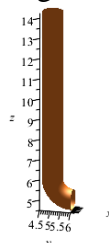
$$T(\theta, z) = (0.5 \cos \cos \theta, 5 + 0.5 \sin \sin \theta, z) \text{ dengan } 0 \leq \theta \leq 2\pi \text{ dan } 6 \leq z \leq 14.25.$$

- b) membangun torus dengan titik pusat titik pusat $O(0,6,6)$ maka persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} x(u, \theta) &= 0,5 \sin \sin \theta \\ y(u, \theta) &= (1 + 0.5 \cos \cos \theta) \cos \cos u, \\ z(u, \theta) &= (1 + 0.5 \cos \cos \theta) \sin \sin u, \end{aligned}$$

dengan $0 \leq u \leq 2\pi, \pi \leq \theta \leq \frac{3}{2}\pi$.

- c) Menggabungkan deformasi tabung dan torus (Gambar 20).



Gambar 18. Penyajian modelisasi panjang putar pertama model B

2) Model kedua

- a) Membagi tabung pada sumbu z dengan panjang 8,25 satuan z menjadi dua bagian yang sama panjang sehingga didapatkan panjang 4,125 satuan setiap tabung.

Deformasi tabung yang berpusat di titik $J'(0,0.75,17)$ jari-jari 0,5 satuan dan panjang 4,125 satuan dengan kelengkungan $0,5 v^2$,

- b) Deformasi tabung yang berpusat di titik $N'(0,5,14.25)$ jari-jari 0,5 satuan dan panjang 4,125 satuan dengan kelengkungan $0,5 v^2$, maka persamaan sebagai berikut:

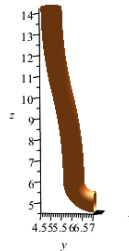
$$x'(\theta, v) = 0.5 \cos \cos (\theta)$$

$$y'(\theta, v) = 5 + 0.5 \sin \sin(\theta) + 0.5 v^2$$

$$z'(\theta, v) = 14.25 - 4.125 v$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $0 \leq v \leq 1$.

- c) Deformasi tabung yang berpusat di titik $N''(0,6,6)$ sedemikian hingga titik pertemuan antara dua tabung sama yaitu di titik yang sama.
- d) Menduplikasi torus sebelumnya pada model pertama, selanjutnya ditraslasikan sejauh 1 satuan ke arah sumbu y.
- e) Menggabungkan deformasi tabung dan torus (Gambar 21).

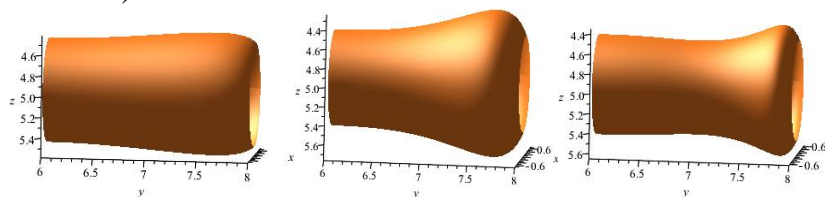


Gambar 21. Penyajian modelisasi panjang putar kedua model B

c. Modelisasi *handle* putar model B

Segmen OP dibangun oleh kurva Bezier berderajat n dengan 3,4,5. Langkah untuk modelisasi *handle* putar sebagai berikut:

- 1) Mentranslasikan titik O dan P sejauh k satuan searah sumbu z.
- 2) Membangun kurva batas dari Kurva Bezier berderajat n dengan O' dan P' sebagai titik tetap pada ketetapan sebagai berikut:
 $P_0 = (0,6,0.5)$ dan $P_n = (0,8,0.5)$.
- 3) Memutar kurva batas segmen OP yang telah diperoleh pada sumbu y, selanjutnya sumbu putar akan ditranslasi sejauh 5 satuan ke arah sumbu z (Gambar 22):



Gambar 22. Permukaan putar *handle* putar model B

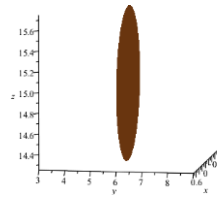
- 4) Permukaan putar diduplikasi dan translasi sejauh 1 satuan ke arah sumbu y.

d. Modelisasi penutup bagian putar

- 1) Membangun penutup tuas dengan titik pusat di $N(0,6,15)$ dan jari-jari 0,75 satuan yang sejajar pada bidang XOZ , persamaan sebagai berikut:

$$(\theta) = \langle 0.75 \cos \cos \theta, y, 15 + 0.75 \sin \sin \theta \rangle$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ (Gambar 21).



Gambar 21. Penyajian lingkaran penutup tuas putar model B

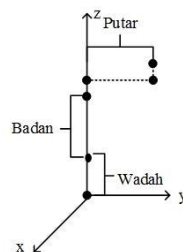
- 2) Membangun lingkaran penutup *handle* dengan mendilatasi lingkaran penutup tuas dengan faktor perkalian $k_1 = k_3 = \frac{2}{3}$ satuan dan $k_2 = 1$ satuan. Selanjutnya akan ditranslasi sejauh 2 satuan ke arah sumbu y dan -5 satuan ke arah sumbu z .
- 3) Duplikasi penutup *handle*, selanjutnya translasi sejauh 1 satuan ke arah sumbu y .

3.4 Penggabungan komponen-komponen grinder kopi manual

Pada subbab ini akan dibahas mengenai penggabungan dari komponen-komponen *grinder* kopi manual sesuai dengan model yang telah ditentukan. Penggabungan *grinder* kopi manual model A secara utuh diperlukan unsur kesimetrisan melalui dua sumbu pemodelan ke arah vertikal dengan ukuran masing-masing 18 satuan dan 2 satuan pada sumbu z dan satu sumbu ke arah horizontal dengan ukuran 10 satuan pada sumbu y . Penggabungan *grinder* kopi manual model B secara utuh diperlukan unsur kesimetrisan melalui dua sumbu pemodelan ke arah vertikal dengan ukuran masing-masing 16 satuan dan 10 satuan pada sumbu z dan dua sumbu pemodelan ke arah horizontal dengan ukuran masing-masing 2 satuan pada sumbu y . Penggabungan komponen disesuaikan dengan model *grinder* kopi manual.

1. *Grinder* kopi manual model A

Komponen *grinder* kopi manual model A mempunyai urutan dan ukuran masing-masing yaitu bagian wadah memiliki ukuran 6 satuan pada sumbu z , bagian badan memiliki ukuran 10 satuan pada sumbu z , dan bagian putar memiliki dua sumbu z dengan ukuran masing-masing ukuran 2 satuan dan 10 satuan pada sumbu y (Gambar 22).

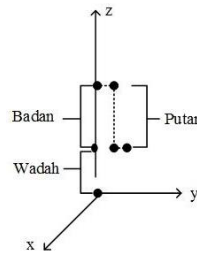


Gambar 22. Sumbu pemodelan *grinder* kopi manual model A

2. *Grinder* kopi manual model B

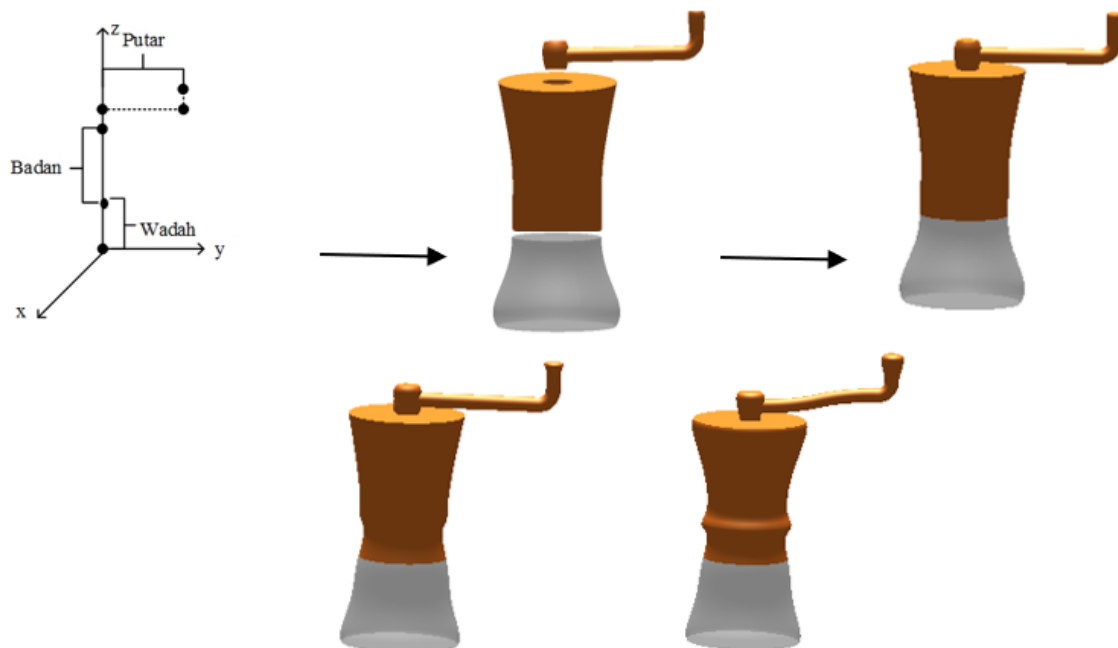
Komponen *grinder* kopi manual model B mempunyai urutan dan ukuran masing-masing yaitu bagian wadah memiliki ukuran 6 satuan pada sumbu z , bagian badan memiliki

ukuran 10 satuan pada sumbu z , dan bagian putar memiliki dua sumbu y dengan ukuran masing-masing ukuran 2 satuan dan 10 satuan pada sumbu z (Gambar 23).

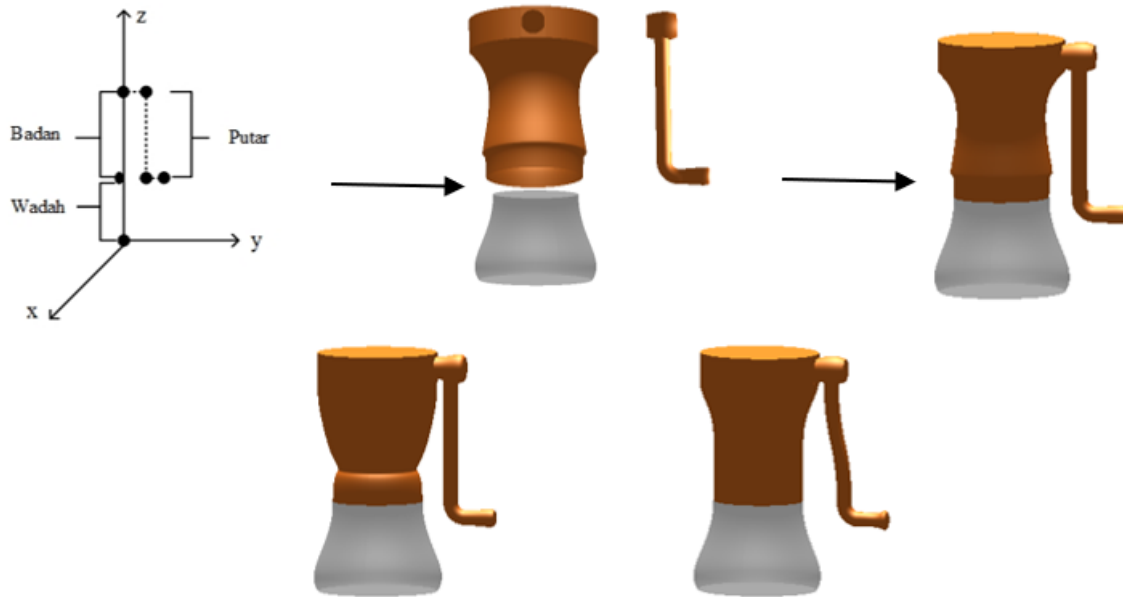


Gambar 23. Sumbu pemodelan *grinder* kopi manual model B

Setelah didapatkan hasil modelisasi komponen, selanjutnya dilakukan penggabungan komponen dan dirangkai menjadi *grinder* kopi manual yang utuh. Penggabungan *grinder* kopi manual dengan memperhatikan diameter tabung pada setiap komponen. Penggabungan komponen bagian wadah dan bagian badan memiliki syarat yaitu penggabungan harus disesuaikan dengan kekontinyuan parametrik kurva untuk menghasilkan penghubung yang mulus. Berikut beberapa contoh dari penggabungan komponen *grinder* kopi manual model A (Gambar 24) dan model B (Gambar 25).



Gambar 24. Hasil modelisasi *grinder* kopi manual model A



Gambar 25. Hasil modelisasi *grinder* kopi manual model B

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian modelisasi *grinder* kopi manual, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Bagian wadah dan badan *grinder* kopi manual dibangun menggunakan gabungan kurva Bezier berderajat berderajat tiga, empat, lima dan dan kurva Hermit kubik dan kurva. Menggabungkan dua kurva yang menghasilkan sambungan kurva yang mulus, maka harus terpenuhi kondisi kontinyu orde nol dan orde satu. Bagian putar dimodelisasi dengan teknik dilatasi, translasi dan deformasi tabung.
2. Penggabungan komponen-komponen *grinder* kopi manual yang sesuai dengan sumbu pemodelan sehingga menghasilkan *grinder* kopi manual yang utuh. Pada penelitian ini, bagian wadah menghasilkan 3 model, bagian badan menghasilkan 18 model, dan bagian putar menghasilkan 18 model. Penggabungan bagian badan dan wadah sehingga setiap model wadah hanya memiliki 3 penggabungan pada bagian badan. Variasi *grinder* kopi manual yang dihasilkan berjumlah 324 variasi.

Daftar Pustaka

- [1] Fatmasari, C., Juliyanto, B., Ubaidillah, F., (2021), Penerapan Teknik Deformasi Benda Geometri Pada Lampu Dinding, *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika* **21(1)**, 1 – 14.
- [2] Kusno, (2010), *Geometri Rancang Bangun Studi tentang Desain dan Pemodelan Benda dengan Kurva dan Permukaan Berbantu Komputer*. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.
- [3] Safitri, D., Juliyanto, B., Ubaidillah, F., (2021). Modelisasi Kotak Tisu dengan Penggabungan Kurva Bezier, Kurva Hermit dan Hasil Deformasi Benda Geometri. *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika* **21(2)**, 63 – 76.
- [4] Triadi, M., Juliyanto, B., Ubaidillah, F., (2020). Aplikasi Kurva Bezier pada Desain Botol Minuman, *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika* **20(1)**, 1 – 8.