



Modelisasi *Tassel* dengan Penggabungan Hasil Deformasi Tabung, Bola, Prisma Segi Sepuluh, dan Kurva Bezier

Wakik Faisahro, Firdaus Ubaidillah*, Bagus Juliyanto

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember, Indonesia

*Correspondence: E-mail: firdaus_u@yahoo.com

ABSTRAK

Tassel adalah tali gordena yang berfungsi sebagai pengait gordena saat gordena dibuka. Komponen *tassel* secara umum terdiri dari bagian kepala, bagian badan, dan bagian bawah yang biasanya dilengkapi dengan aksesoris rumbai-rumbai. Tujuan penelitian ini adalah membangun bentuk geometri dari *tassel* secara matematis. Pemodelan *tassel* ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama adalah memodelkan komponen *tassel* dengan menggabungkan beberapa hasil deformasi benda geometri dan kurva Bezier. Benda geometri yang digunakan adalah tabung, torus, prisma segi sepuluh, dan bola. Kurva Bezier yang digunakan adalah kurva Bezier derajat dua, tiga, dan empat. Tahap kedua adalah menggabungkan hasil pemodelan dari masing-masing komponen deformasi *tassel*. Komponen *tassel* digabungkan dengan membagi sumbu z menjadi tiga bagian, yaitu bagian kepala, badan, dan bawah. Model *tassel* yang diperoleh divisualisasikan menggunakan software Maple 18.

© 2022 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima 8 September 2022

Awal Direvisi 15 September 2022

Diterima 1 Oktober 2022

Tersedia Online 20 Oktober 2022

Dipublikasikan 1 Desember 2022

Kata Kunci:

Bezier,

Deformasi,

Kurva,

Prisma,

Tassel.

ABSTRACT

A *tassel* is a curtain strap that functions as a curtain hook when the curtain is opened. The *Tassel* components generally consist of the head, main body, and bottom, usually equipped with tassel accents. This research aims to construct the geometric shape of the *tassel* mathematically. In this study, the *tassel* modeling is divided into two stages. Firstly, modeling the components of a *tassel* by combining some of the deformation results of geometric objects and Bezier curves. The geometrical objects used are tubes, toruses, hexagonal prisms, and spheres. The Bezier curves used are of degrees two, three, and four. Secondly, combining the modeling results of each deformed *tassel* component. The *tassel* component is combined by dividing the z-axis into three parts, namely the head, body, and bottom. The *tassel* model can be visualized using Maple 18 software.

© 2022 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

Keywords:

Bezier,

Curve,

Deformation,

Prism,

Tassel.

1. PENDAHULUAN

Tassel merupakan suatu tali pengikat gorden yang berfungsi untuk mengaitkan badan gorden ketika akan dibuka. *Tassel* juga dipakai sebagai aksesoris gorden mewah, karena selain berfungsi sebagai pengikat, ia juga berfungsi sebagai hiasan. *Tassel* biasanya terbuat dari kain yang sejenis dengan gordennya atau dari bahan lainnya seperti tali atau manik-manik kristal kecil. *Tassel* yang terbuat dari kristal kecil biasanya tersusun dari penggabungan berbagai macam benda geometri, diantaranya tabung, lingkaran, dan bola. Komponen *tassel* secara umum terdiri dari bagian kepala, badan utama, dan bagian bawah yang biasanya dilengkapi dengan aksesoris rumbai-rumbai.

Berdasarkan Kuang dalam bukunya yang berjudul '*Geodetic Network Analysis and Optimal Design*' tahun 1996, deformasi merupakan suatu teknik mengkonstruksi benda dengan mengubah bentuk (tampak luar) atau ukuran (panjang, lebar, tinggi, jari-jari, luas, volume) suatu benda. Penelitian yang telah dilakukan mengenai teknik deformasi bangun ruang dan kurva Bezier yaitu oleh Safitri et al. (2021) yang mengembangkan variasi bentuk komponen kotak tisu menggunakan kurva Bezier, kurva Hermit dan hasil deformasi geometri objek. Suprihatiningsih (2021) mengkonstruksi kipas angin dengan mengkombinasikan benda-benda geometri ruang yaitu bola, tabung serta hasil deformasi bola dan tabung. Xiong & Han (2012) meneliti pemanfaatan aplikasi kurva Bezier pada teknologi CAD/CAM dalam mendesain permukaan bagian dalam bentuk bebas yang tak dapat dinyatakan sebagai busur lingkaran, garis lurus, atau potongan dari irisan kerucut lainnya. Fatmasari et al. (2021) meneliti tentang penerapan teknik deformasi benda geometri pada lampu dinding. Dalam penelitiannya, teknik deformasi yang digunakan yaitu dengan cara memberikan kelengkungan pada setiap titik rusuk prisma menggunakan kurva Bezier. Elhoseny et al. (2018) memanfaatkan kurva Bezier untuk membuat perencanaan memanfaatkan algoritma genetika. Fanani et al. (2014) memanfaatkan kumpulan segmen dari kurva Bezier derajat rendah yang disebut sebagai *cardinal spline* untuk mengekstrak fitur gambar batik.

Pada penelitian ini akan dilakukan modelisasi *tassel* dengan teknik penggabungan hasil deformasi tabung, bola, prisma segi sepuluh dan kurva Bezier berderajat dua, tiga, dan empat. Teknik yang digunakan yaitu dilasi, interpolasi, interseksi, dan memutar kurva sehingga menghasilkan model *tassel* yang lebih variatif. Teknik interpolasi Bezier diperkenalkan oleh Aumann (1991), dimana teknik ini perlu memanfaatkan teknik dilasi untuk membentuk interpolasi. Teknik interseksi Bezier dikembangkan oleh Aziz et al. (1990) dan Hu et al. (2017) memanfaatkan teknik rotasi permukaan Bezier dengan berbagai parameter.

Menurut Baydas & Karakas (2019), Juhari (2021), kurva Bezier berderajat n , ($C_n(u)$) dinyatakan dalam persamaan parametrik (1) berikut:

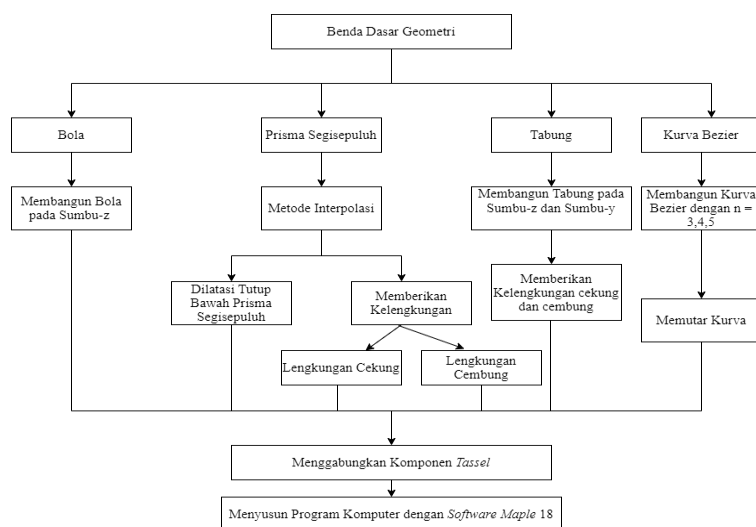
$$C_n(u) = \sum_{i=0}^n P_i B_i^n(u) \text{ dan } 0 \leq u \leq 1, \text{ dengan } B_i^n(u) = C_i^n (1-u)^{n-i} u^i \text{ dan } C_i^n = \frac{n!}{i!(n-i)!}, \text{ serta } P_i = \text{koefisien geometrik atau titik kontrol kurva } C(u) \quad (1)$$

2. METODOLOGI

Berikut ini merupakan metode yang digunakan pada penelitian ini, dengan skema terdapat pada Gambar 1.

- Menentukan data ukuran pada setiap komponen.
- Membangun komponen-komponen penyusun *tassel*, yaitu bagian kepala, bagian badan, dan bagian bawah *tassel* sesuai dengan data yang telah ditentukan.
- Menggabungkan hasil modelisasi komponen-komponen *tassel*.

d. Menyusun validasi program untuk modelisasi *tassel* menggunakan bantuan *software* Maple 18.



Gambar 1. Skema Prosedur Modelisasi *Tassel*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

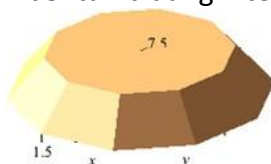
3.1 Modelisasi Komponen Dasar *Tassel*

3.1.1 Deformasi Prisma Segi Sepuluh

Diberikan bidang tegak prisma segi sepuluh beraturan dengan titik titik ujung rusuknya memiliki koordinat $(K_i(x_i, y_i, z_i), K'_i(x_i, y_i, z_i + t))$ dengan $i = 1, 2, 3, \dots, 10$ dan tinggi prisma (t) yaitu $0 < t \leq 3,5$ satuan. Titik berat untuk masing-masing alasnya berada pada $P(x_0, y_0, z_0)$ dan $P'(x_0, y_0, z_0 + t)$. Jarak titik berat ke titik sudut prisma segi sepuluh beraturan (a) yaitu $3 \leq a \leq 2$. Selanjutnya berdasarkan data-data tersebut dilakukan deformasi prisma dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Dilasi Tutup Atas

- 1) Mendilasi titik-titik pada tutup atas prisma segi sepuluh dengan faktor skala $k_1 = k_2 = \frac{9}{10}$ dan $k_3 = 1$, sedemikian sehingga diperoleh titik koordinat tutup atas lebih kecil daripada tutup bawah.
- 2) Menginterpolasi masing-masing kurva batas untuk tutup bawah, tutup atas serta untuk sisi tegak prisma sehingga membentuk bidang interpolasi linier (Gambar 2).



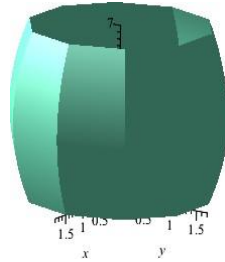
Gambar 2. Dilasi Tutup Atas Prisma Segi Sepuluh

b. Interpolasi Prisma Segi Sepuluh Sisi Cembung

- 1) Memilih rusuk $\overline{K_i K'_i}$ dengan $i = 1, 2, 3, \dots, 10$.
- 2) Menentukan titik tengah $\overline{K_i K'_i}$ misalnya titik Q_i dengan koordinat $(x_i, y_i, z_i + \frac{t}{2})$.
- 3) Menentukan titik Q'_i dengan koordinat $(x_i, y_i - k, z_i + \frac{t}{2})$ dengan $0 < k \leq \frac{a}{2}$ dengan

$$\frac{3}{2} \leq a \leq 2.$$

- 4) Membangun kurva Bezier kuadratik $C_i(u)$ untuk setiap pasang titik kontrol (K_i, Q'_i, K'_i) .
- 5) Menginterpolasi secara linier masing-masing kurva Bezier secara berpasangan dan berurutan terhadap sumbu-z (Gambar 3).



Gambar 3. Deformasi Prisma Segi Sepuluh Sisi Cembung

c. Interpolasi Prisma Segi Sepuluh Sisi Cekung

- 1) Memilih rusuk $\overline{K_i K'_i}$ dengan $i = 1, 2, 3, \dots, 10$.
- 2) Menentukan titik tengah $\overline{K_i K'_i}$ misalnya titik Q_i dengan koordinat $(x_i, y_i, z_i + \frac{t}{2})$.
- 3) Menentukan titik Q'_i dengan koordinat $(x_i, y_i - k, z_i + \frac{t}{2})$ dengan $0 < k \leq \frac{a}{2}$ dengan $\frac{3}{2} \leq a \leq 2$.
- 4) Membangun kurva Bezier kuadratik $C_i(u)$ untuk setiap pasang titik kontrol (K_i, Q'_i, K'_i) .
- 5) Menginterpolasi secara linier masing-masing kurva Bezier secara berpasangan dan berurutan terhadap sumbu-z (Gambar 4).



Gambar 4. Deformasi Prisma Segi Sepuluh Sisi Cekung

3.1.2 Deformasi Tabung

Tabung dikonstruksi dengan memutar kurva terhadap sumbu-z dengan menggunakan persamaan (2) berikut:

$$tb1(\theta) = \langle r \cos \theta + x_1, r \sin \theta + y_1, z \rangle \tag{2}$$

dengan $0,25 \leq r \leq 1,5$; $0 \leq \theta \leq 2\pi$; dan $0,25 \leq z \leq 1$.

a. Tabung cembung

Tabung model cembung dikonstruksi dengan deformasi menggunakan teknik memutar kurva terhadap sumbu-z. Kurva hasil deformasi dibangun melalui titik-titik kontrol

$P_0(x_1, y_1 + r, 0)$, $P_1(x_1, y_1 + k, \frac{z}{2})$, dengan $r < k \leq 2r$ dan $P_2(x_1, y_1 + r, z)$. Kurva diputar terhadap sumbu-z dengan persamaan (3) berikut:

$$tb2(u, \theta) = \langle P_x(u) \cos \theta, P_y(u) \sin \theta, P_z(u) \rangle \tag{3}$$

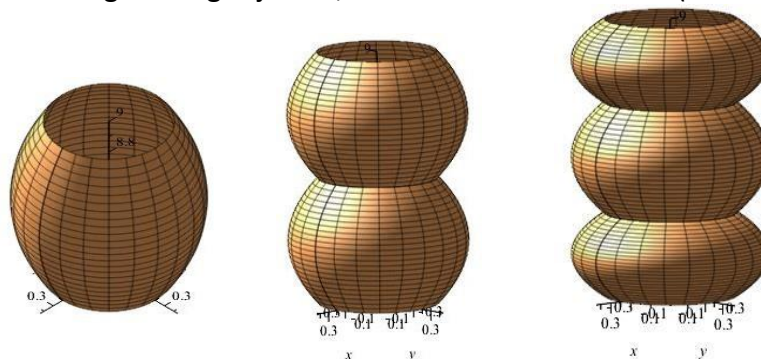
dengan:

$$P_x(u) = P_0(x_1, y_1 + r, 0),$$

$$P_y(u) = P_1\left(x_1, y_1 + k, \frac{z}{2}\right),$$

$$P_z(u) = P_2(x_1, y_1 + r, z), 0 \leq \theta \leq 2\pi \text{ dan } 0 \leq u \leq 1 \text{ (gambar 5a).}$$

Tabung model cembung-cembung dikonstruksi dengan memodelisasi kelengkungan kedua dengan memutar kurva terhadap sumbu-z. Bagian cembung pertama (Gambar 5a) diduplikasi dan ditranslasi sejauh 0,5 satuan searah sumbu-z (Gambar 5b). Tabung model cembung-cembung-cembung dikonstruksi dengan mengulangi proses seperti sebelumnya sebanyak dua kali masing-masing sejauh 0,3 satuan searah sumbu-z (Gambar 5c).

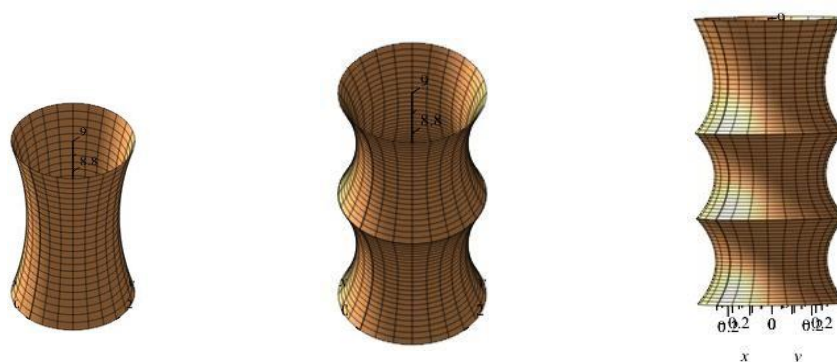


Gambar 5. (a) Tabung Model Cembung (b) Tabung Model Cembung-Cembung (c) Tabung Model Cembung-Cembung-Cembung

b. Tabung cekung

Tabung dikonstruksi dengan deformasi menggunakan teknik memutar kurva terhadap sumbu-z. Kurva hasil deformasi dibangun menggunakan titik-titik kontrol $P_0(x_1, y_1 + r, 0)$, $P_1\left(x_1, y_1 - k, \frac{z}{2}\right)$, dengan $\frac{r}{2} < k < r$ dan $P_2(x_1, y_1 + r, z)$. Kurva diputar terhadap sumbu-z dengan Persamaan (3) dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $0 \leq u \leq 1$ (gambar 6a).

Tabung model cekung-cekung dikonstruksi dengan memodelisasi kelengkungan kedua dengan memutar kurva terhadap sumbu-z. Bagian cekung pertama diduplikasi dan ditranslasi sejauh 0,5 satuan searah sumbu-z (Gambar 6b). Tabung model cekung-cekung-cekung dikonstruksi dengan mengulangi proses seperti sebelumnya sebanyak dua kali masing-masing sejauh 0,3 satuan searah sumbu-z (Gambar 6c).

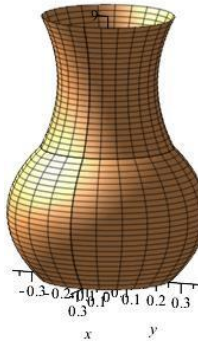


Gambar 6. (a) Tabung Model Cekung (b) Tabung Model Cekung-Cekung (c) Tabung Model Cekung-Cekung-Cekung

c. Tabung model cembung-cekung

Tabung model cembung-cekung dikonstruksi dengan deformasi menggunakan teknik memutar kurva terhadap sumbu-z. Kurva hasil deformasi dibangun melalui titik-titik kontrol

$P_0(x_1, y_1 + r, 0), P_1(x_1, y_1 + k, \frac{z}{2})$, dengan $r < k \leq 2r$ dan $P_2(x_1, y_1 + r, z)$. Kurva diputar terhadap sumbu-z dengan Persamaan (3) dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $0 \leq u \leq 1$. Konstruksi kelengkungan kedua dengan titik-titik kontrol $P_0(x_1, y_1 + r, 0), P_1(x_1, y_1 - k, \frac{z}{2})$ dengan $\frac{1}{2}r < k < r$ dan $P_2(x_1, y_1 + r, z)$. Kurva diputar terhadap sumbu-z dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $0 \leq u \leq 1$ (Gambar 7)



Gambar 7. Tabung Model Cembung-Cekung

3.1.3 Deformasi Kurva Batas

Kurva batas dari kurva Bezier yang digunakan yaitu kurva Bezier berderajat dua, tiga, dan empat ($n = 2,3,4$) dengan memutar kurva Bezier terhadap sumbu-z.

3.2.1 Permukaan Putar Kurva Bezier Pada Bagian Kepala Dan Bagian Bawah

a. Membangun kurva batas kurva Bezier berderajat n dengan persamaan kurva Bezier.

1) Kurva batas Kurva Bezier berderajat dua dinyatakan pada persamaan (4) berikut

$$C(u) = (1 - u)^2P_0 + 2(1 - u)uP_1 + u^2P_2 \tag{4}$$

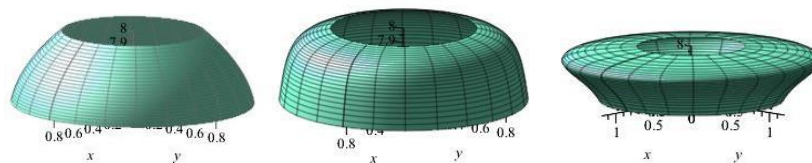
2) Kurva batas Kurva Bezier berderajat tiga dinyatakan pada persamaan (5) berikut

$$C(u) = (1 - u)^3P_0 + 3(1 - u)^2uP_1 + 3(1 - u)u^2P_2 + u^3P_3 \tag{5}$$

3) Kurva batas Kurva Bezier berderajat empat dinyatakan pada persamaan (6) berikut

$$C(u) = (1 - u)^4P_0 + 4(1 - u)^3uP_1 + 6(1 - u)^2u^2P_2 + 4(1 - u)u^3P_3 + u^4P_4 \tag{6}$$

b. Memutar kurva batas kurva Bezier terhadap sumbu-z dengan persamaan $S(u, \theta) = \langle C_x(u) \cos \theta, C_y(u) \sin \theta, C_z(u) \rangle$. Hasil terdapat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva Batas Kurva Bezier (a) Kurva Bezier Derajat Dua (b) Kurva Bezier Derajat Tiga (c) Kurva Bezier Derajat Empat

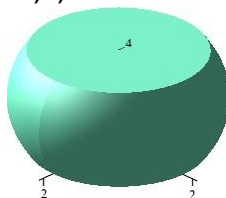
3.2.2 Potongan Bola Dengan Kurva Bezier

Potongan bola dibangun dengan kurva Bezier derajat dua melalui Persamaan (4) dengan titik kontrol $P_0 = \begin{pmatrix} 1,5 \\ 1,5 \\ 2 \end{pmatrix}, P_1 = \begin{pmatrix} 2,5 \\ 2,5 \\ 3 \end{pmatrix}, P_2 = \begin{pmatrix} 1,5 \\ 1,5 \\ 4 \end{pmatrix}$. Kurva diputar terhadap sumbu putar OZ dengan persamaan:

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

dengan $2 \leq z \leq 4$ dan $0 \leq \theta \leq 2\pi$.

Selanjutnya membangun alas potongan bola menggunakan persamaan $L(\theta) = \langle r \cos \theta, r \sin \theta, z \rangle$ dengan $r = 1,5$; $2 \leq z \leq 4$ dan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ (Gambar 9).

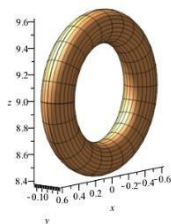


Gambar 9. Deformasi Bola pada Maple 18

3.1.4 Deformasi Tabung

a. Gantungan Model Bulat

Torus yang digunakan merupakan torus yang sejajar bidang XOZ . Torus dikonstruksi dengan titik pusat $(0,0,9)$, jari-jari lingkaran dalam $r = 0,125$ dan jarak antar titik pusat torus dengan titik pusat lingkaran $R = 0,5$ (Gambar 10).

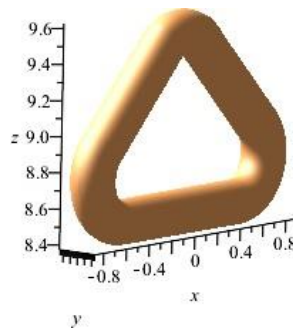


Gambar 10. Gantungan Model Bulat

b. Gantungan Model Segitiga

Gantungan model ini dikonstruksi dari susunan tabung dan torus. Langkah-langkah untuk mengkonstruksi gantungan model segitiga sebagai berikut:

- 1) Membangun tabung $tmr1$ sejajar sumbu X dengan jari-jari $r = 0,125$ satuan dan panjang $0,1 \leq x \leq 1,8$.
- 2) Menduplikasi dan mereflesi tabung $tmr1$ terhadap bidang YOZ sehingga menghasilkan tabung $tmr2$.
- 3) Membangun tabung $tmr3$ seperti langkah point 1 dengan jari-jari $r = 0,25$ satuan dan panjang $-0,4 \leq x \leq 0,4$.
- 4) Membangun torus sejajar bidang XOZ sebagai sambungan antar tabung dengan titik pusat $(-0,5, 0, 8,75)$, jari-jari $r = 0,125$ satuan dan jarak antar titik pusat torus dengan titik pusat lingkaran $R = 0,25$ satuan dengan $0 \leq u \leq 2\pi$ dan $\frac{3}{4}\pi \leq v \leq \frac{6}{4}\pi$.
- 5) Menduplikasi dan mereflesi torus terhadap bidang YOZ seperti langkah poin2 sehingga menghasilkan torus sambungan antar tabung $tmr1$ dan $tmr3$.
- 6) Membangun torus sejajar bidang XOZ sebagai sambungan antar tabung dengan titik pusat $(0, 0, 9,25)$, $0 \leq u \leq 2\pi$ dan $\frac{\pi}{4} \leq v \leq \frac{3}{4}\pi$. Sehingga menghasilkan torus sambungan antar tabung $tmr1$ dan $tmr2$ (Gambar 11).

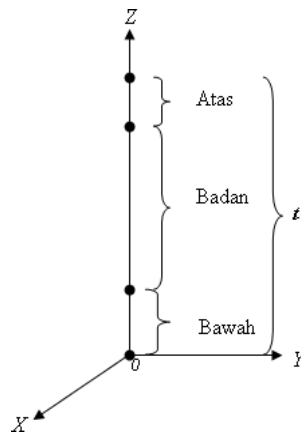


Gambar 11. Gantungan Model Segitiga

3.2 Penggabungan Komponen-Komponen *Tassel*

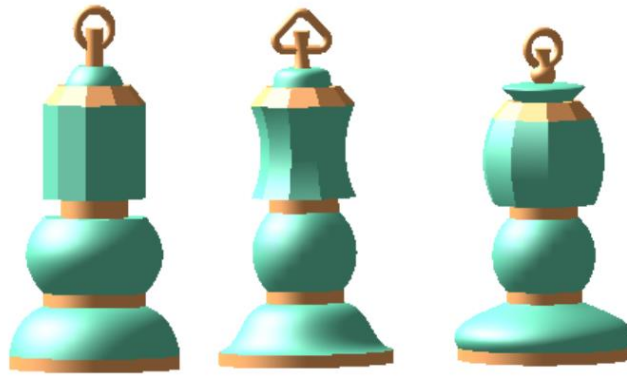
Penggabungan dua kurva yang menghasilkan sambungan kurva yang mulus, menggunakan kekontinyuan parametrik sepanjang kurva. Kekontinyuan parametrik sepanjang kurva harus memenuhi kondisi kontinyu order satu. Kontinyu order satu artinya kedua kurva tersebut terdiferensialkan pada titik sambungannya. Sambungan kurva memenuhi kondisi kontinyu order satu apabila $C_1^u(0) = C_2^u(1)$.

Penggabungan komponen *tassel* secara utuh dibutuhkan kesimetrisan melalui sumbu vertikal dengan tinggi $9 \leq t \leq 9,5$ satuan, t merupakan tinggi sumbu pemodelan. Penggabungan komponen-komponen *tassel* memiliki urutan dan ukuran masing-masing yaitu tinggi bagian kepala $7 \leq t \leq 9,5$ satuan, tinggi badan $2 \leq t \leq 7$ satuan, tinggi bagian bawah $0 \leq t \leq 2$ satuan (Gambar 12).



Gambar 12. Sumbu Pemodelan Komponen Tassel

Hasil keseluruhan modelisasi komponen *tassel* yang telah ditentukan modelnya yang terdiri dari komponen bagian kepala, bagian badan, dan bagian bawah dapat dikombinasikan antar komponen (Gambar 13).



Gambar 13. Hasil Modelisasi *Tassel*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian modelisasi *tassel*, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Bagian kepala *tassel* dimodelisasi dengan teknik deformasi interpolasi, memutar kurva, dan dilasi. Bagian badan *tassel* dimodelisasi dengan teknik deformasi interpolasi dan interseksi. Bagian bawah *tassel* dimodelisasi dengan memutar kurva Bezier berderajat dua, tiga dan empat.
- b. Hasil modelisasi *tassel* divisualisasikan dengan *software* Maple 18. Variasi model *tassel* diperoleh dengan memvariasikan bagian-bagiannya yaitu bagian kepala, badan, dan bagian bawah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aumann, G. (1991). Interpolation with developable Bézier patches. *Computer Aided Geometric Design*, 8(5), 409-420.
- Aziz, N. M., Bata, R., & Bhat, S. (1990). Bezier surface/surface intersection. *IEEE computer graphics and applications*, 10(1), 50-58.
- Baydas, S., & Karakas, B. (2019). Defining a curve as a Bézier curve. *Journal of Taibah University for Science*, 13(1), 522-528.
- Elhoseny, M., Tharwat, A., & Hassanien, A. E. (2018). Bezier curve based path planning in a dynamic field using modified genetic algorithm. *Journal of Computational Science*, 25, 339-350.
- Fanani, A., Yuniarti, A., & Suciati, N. (2014). Geometric Feature Extraction of Batik Image Using Cardinal Spline Curve Representation. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 12(2), 397-404.
- Fatmasari, C., Juliyanto, B., Ubaidillah, F. (2021). Penerapan teknik deformasi benda geometri pada lampu dinding. *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika*, 21(1), 1-14.
- Hu, G., Wei, G., & Wu, J. (2017). Shape-adjustable generalized Bézier rotation surfaces with multiple shape parameters. *Results in Mathematics*, 72, 1281-1313.

- Juhari, J. (2021). Model matematika kurva kuartik Bezier hasil modifikasi kubik Bezier. *Jurnal Riset Mahasiswa Matematika*, 1(1), 40-46.
- 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.
- Suprihatiningsih, W. (2021). Pemodelan kipas angin dengan penggabungan benda geometri ruang hasil deformasi bola dan tabung. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 111-114.
- Xiong, J., & Han, L. N. (2012). Application of CAD/CAM technology on the modeling of freeform surface parts. *Applied Mechanics and Materials*, 121, 3160-3164.