

PEMODELAN UJUNG BATANG DAN KAIT GORDEN DENGAN KURVA BÉZIER

(*Modeling of Curtains' End-Rods and Hook using Bézier Curves*)

Rokhmatul Istiqomah, Bagus Juliyanto, Firdaus Ubaidillah

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37, Jember 68121

E-mail: istiqomahr57@gmail.com, bagus.fmipa@unej.ac.id, firdaus_u@yahoo.com

Abstract. The end-rods of window curtains, generally, consist of the crown part, head, and neck part. The hook, that is used for binding the curtain, consists of a sticky board and hasp part. This paper discusses to model various shapes of the end-rods and hook the curtains. Using the Bézier curves and deformation technique approach, we model these objects in three steps of design that are constructing geometry' basic objects, arranging the basic objects, and visualizing the objects with Maple 18. As a result, it can design 160 models of the end-rods, and 8 hooks of the curtains.

Keywords: Bézier Curve, Deformation, End-rods, Hook, Interpolation.
MSC2020: 51A05

1. Pendahuluan

Gorden sering diletakkan pada bagian dalam jendela suatu aksesoris ruang untuk melindungi rumah dari paparan cahaya matahari. Gorden mempunyai berbagai macam komponen, diantaranya *end-rods* dan *hook*. *End-rods* berfungsi sebagai penutup lubang rel gorden dari kedua ujungnya, sedangkan *hook* berfungsi sebagai alat pengait tali gorden. Secara umum *end-rods* terdiri dari tiga bagian yaitu leher, kepala, dan mahkota *end-rods*, sedangkan *hook* terdiri dari dua bagian yaitu pengait dan dudukan. Model *end-rods* dan *hook* pada dasarnya masih memiliki kekurangan dari tampilan bentuk, contohnya *end-rods* dan *hook* hanya terdiri dari benda geometri ruang kerucut, tabung, bola, prisma segidelapan, torus, dan balok saja sehingga bentuknya kurang variatif.

Bentuk-bentuk geometris yang variatif dapat dilakukan dengan beberapa teknik diantaranya menggunakan teknik deformasi yang meliputi pemotongan (interseksi), perputaran kurva, interpolasi, transformasi dilatasi, dan kurva Bézier. Teknik deformasi dan kurva Bézier telah dimanfaatkan untuk mendesain benda seperti rak penataan barang menggunakan penggabungan bangun dasar geometri (prisma segitiga dan kerucut) dengan kurva Bézier [1]. Penelitian tersebut mendeformasi kerucut

menjadi kerucut terpancung yang menghasilkan lengkung cembung dan cekung menggunakan kurva Bézier. Teknik deformasi dan kurva Bézier juga dimanfaatkan untuk kap lampu duduk menggunakan benda dasar geometri (tabung, prisma segi enam dan bola) [2]. Penelitian tersebut mendeformasi tabung yang menghasilkan pola cembung dan cekung menggunakan kurva Bézier.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dimaksudkan untuk memodelisasi bentuk *end-rods* dan *hook* dengan memanfaatkan teknik-teknik penggabungan dan deformasi bangun ruang prisma segidelapan beraturan, tabung, torus, bola, kerucut, dan balok dengan menggunakan model satu sumbu pemodelan. Pemilihan bangun ruang tersebut dikarenakan memperhatikan kesimetrisan bangun yang akan dihasilkan, selain itu prisma segidelapan beraturan belum pernah digunakan sebelumnya pada teknik deformasi.

Dalam membahas desain ujung batang dan pengait gorden diperlukan beberapa formulasi matematika. Beberapa bentuk persamaan yang digunakan dalam paper ini antara lain sebagai berikut [3,4,5].

Kerucut Terpancung

Kerucut adalah suatu benda ruang yang dibatasi oleh sepotong permukaan kerucut tertutup dan sebuah bagian (potongan) bidang. Kerucut terpancung mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_1(u) &= \langle r_1 \cos u, r_1 \sin u, z_1 \rangle \\ C_2(u) &= \langle r_2 \cos u, r_2 \sin u, z_2 \rangle \end{aligned} \quad (1)$$

dengan batas $0 \leq u \leq 2\pi$, $r_1 > r_2$, dan $z_1 < z_2$.

Tabung

Silinder (tabung) adalah suatu bangun ruang tertutup yang dibatasi oleh permukaan silinder tertutup (berpenampang konveks) dan dua bagian (potongan) bidang yang sejajar. Tabung mempunyai persamaan parametrik lingkaran dengan pusat $P_1(x_1, y_1, z_1)$, jari-jari R , dan terletak pada bidang $z = z_1$, yaitu

$$L(\theta) = \langle x_1 + R \cos \theta, y_1 + R \sin \theta, z_1 \rangle \quad (2)$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$, θ adalah parameter, dan R adalah jari-jari.

Bola

Permukaan bola merupakan himpunan titik-titik di ruang yang mempunyai jarak terhadap pusat bola adalah konstan. Berdasarkan sistem koordinat bola, maka persamaan yang diperoleh berbentuk:

$$B(\alpha, \theta) = (r \sin \alpha \cos \theta, r \sin \alpha \sin \theta, r \cos \alpha) \quad (3)$$

dengan $0 \leq \alpha, \theta \leq 2$, α dan θ adalah parameter, r adalah jari-jari.

Torus

Torus adalah suatu permukaan yang tercipta akibat gerakan rotasi dari suatu lingkaran yang berputar dalam ruang dimensi tiga (dengan sumbu putar yang berada secara coplanar atau sebidang dengan lingkaran itu sendiri). Dari definisi tersebut kita dapatkan persamaan parametrik dari torus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}x(u, v) &= (R + r \cos v) \cos u, \\y(u, v) &= (R + r \cos v) \sin u, \\z(u, v) &= r \sin v\end{aligned}\quad (4)$$

dimana $0 \leq u, v \leq 2\pi$, R adalah jarak antara pusat torus dan pusat lingkaran (tube) dan r adalah radius dari lingkaran yang diputar (tube).

Kurva Bézier

Kurva Bézier derajat- n $C(u)$ dinyatakan dalam bentuk parametrik pada persamaan sebagai berikut:

$$C(u) = \sum_{i=0}^n P_i B_i^n(u), 0 \leq u \leq 1 \quad (5)$$

dengan:

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

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

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

Interpolasi

Menurut Kusno [3], misalkan dua segmen garis \overline{AB} dan \overline{CD} didefinisikan masing-masing oleh titik $A(x_1, y_1, z_1)$, $B(x_2, y_2, z_2)$, $C(x_3, y_3, z_3)$ dan $D(x_4, y_4, z_4)$ dalam bentuk parametrik $C_1(u)$ dan $C_2(u)$, maka permukaan parametrik hasil interpolasi linier kedua segmen garis tersebut diformulasikan sebagai berikut:

$$S(u, v) = (1-v)C_1(u) + vC_2(u), \quad (6)$$

dengan $0 \leq u \leq 1$ dan $0 \leq v \leq 1$.

2. Metodologi

Tahapan perhitungan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan modelisasi *end-rods* dan *hook* diuraikan sebagai berikut.

1. Menentukan ukuran dari bangun geometri yang telah ditentukan.
2. Membangun beberapa benda dasar sebagai komponen penyusun *end-rods* dan *hook* dari deformasi kerucut, tabung, torus, bola, prisma segidelapan beraturan, dan balok.
3. Membangun kurva pada komponen *end-rods* dan *hook* dengan kurva Bézier berderajat dua.

4. Merangkai benda dasar komponen *end-rods* dan *hook* pada satu sumbu pemodelan.
5. Menyusun validasi programasi untuk memodelisasi *end-rods* dan *hook* tersebut dengan bantuan *software* Maple 18.

3. Hasil dan Pembahasan

Modelisasi Komponen Penyusun *End-rods*

1. Deformasi Kerucut

Misalkan diberikan kerucut berjari-jari r dengan $0,5 \text{ cm} \leq r \leq 1,5 \text{ cm}$; tinggi t dengan $1 \text{ cm} \leq t \leq 3 \text{ cm}$ (Gambar 1, 2, dan 3). Berdasarkan data diatas dilakukan langkah-langkah deformasi kerucut dengan pola cembung potongan kerucut dan pola perputaran kurva Bézier kerucut untuk komponen mahkota *end-rods* sebagai berikut.

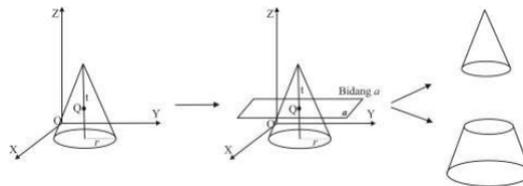
a. Deformasi pola cembung potongan kerucut

1. Membagi kerucut menjadi dua bagian antara lain.

a) Tentukan titik $Q(0,0, z_a)$ pada sumbu z dimana $z_a = \frac{1}{2}t$.

b) Tentukan bidang datar a , dimana $a = \pm z_a$.

c) Lakukan pemotongan untuk titik Q pada $z_a = \frac{1}{2}t$ dengan menetapkan bagian atas dan bawah bidang datar a permukaan kerucut. Pemotongan kerucut di titik Q pada $z_a = \frac{1}{2}t$ dengan mengambil bagian atas dan bawah bidang datar a sehingga didapat kerucut bagian atas dan kerucut terpancung yang tertutup oleh bidang lingkaran.



Gambar 1. Pemotongan kerucut

2. Deformasi bagian potongan kerucut pola cembung bagian bawah dan atas.

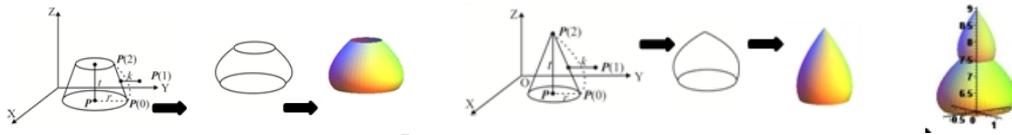
a) Tentukan $P(0)$ dan $P(2)$ pada alas bawah dan atas kerucut yang berbentuk lingkaran dengan persamaan (2).

b) Tentukan $P(1)$ sebagai titik kontrol $P(0)$ dan $P(2)$ dengan ketentuan panjang masing-masing segmen dan kelengkungan masing-masing sebagai berikut

$$\overline{P(0)P(1)} = \overline{P(1)P(2)} = \frac{1}{2}t \text{ dan interval kelengkungan } P(1) \text{ yaitu } 0 < k \leq \frac{1}{2}r.$$

c) Bangun kurva Bézier kuadrat menggunakan persamaan (5).

d) Putar kurva Bézier terhadap sumbu Z .

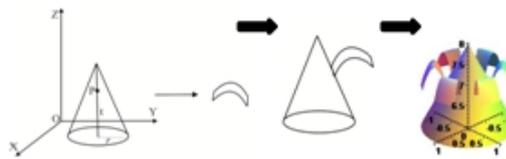


Gambar 2. Deformasi kerucut bagian bawah dan atas

b. Pola Perputaran Kurva Bézier Kerucut

Langkah-langkah pola perputaran kurva Bézier kerucut sebagai berikut.

- Tentukan titik $P(0,0,z_a)$ pada sumbu z dimana $z_a = \frac{3}{4}t$ untuk perputaran Bézier dengan persamaan (2).
- Tetapkan titik perputaran kurva Bézier, kemudian letakkan kurva Bézier pada $\frac{3}{4}t$ kerucut, sehingga didapat persamaan (5).
- Putar kurva Bézier dengan jarak u yaitu $0 - 30^\circ, 60^\circ - 90^\circ, 120^\circ - 150^\circ, 180^\circ - 210^\circ, 240^\circ - 270^\circ, 300^\circ - 330^\circ$.



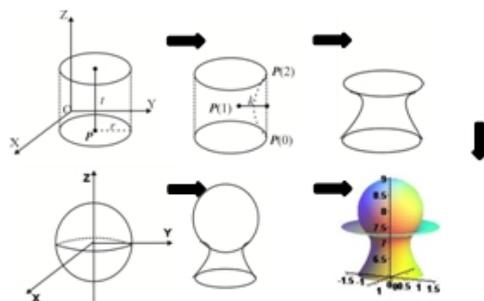
Gambar 3. Deformasi perputaran kurva Bézier

2. Deformasi Tabung dan Bola

Misalkan diberikan tabung berjari-jari $r = 1,5$ cm dengan interval $0,5 \text{ cm} \leq r \leq 1,5 \text{ cm}$; tinggi $t = 2$ cm (Gambar 4). Langkah-langkah deformasi tabung dan bola dengan modifikasi pada kurva selimut sebagai berikut.

- Tentukan $P(0)$ dan $P(2)$ pada lingkaran alas bawah dan alas atas tabung dengan menetapkan nilai $\theta = 0$ pada persamaan (1).
- Tentukan $P(1)$ sebagai titik kontrol $P(0)$ dan $P(2)$ dengan ketentuan panjang masing-masing segmen dan interval kelengkungan $P(1)$ sebagai berikut

$$\overline{P(1)} = \frac{3}{4} \overline{P(0)P(2)}$$
 dan $\frac{1}{4}r \leq k \leq \frac{3}{4}r$.
- Bangun kurva Bézier kuadratik menggunakan persamaan (5).
- Putar kurva Bézier terhadap sumbu Z.

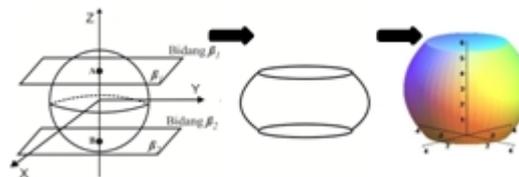


Gambar 4. Variasi penggabungan deformasi tabung dan bola

3. Deformasi Bola

Misalkan diberikan bola dengan jari-jari $r = 4$ cm (Gambar 5). Langkah-langkah pemotongan bola dengan dua bidang datar horizontal sebagai berikut.

- Tentukan titik $A(0,0, z_a)$ pada sumbu z dimana $\frac{2}{3}r \leq z_a \leq \frac{3}{4}r$ dan titik $B(0,0, z_b)$ pada sumbu z di $\frac{1}{4}r \leq z_b \leq \frac{1}{3}r$.
- Tentukan bidang datar β_1 , dimana $\beta_1 = z_a$.
- Tentukan bidang datar β_2 , dimana $\beta_2 = z_b$.
- Pemotongan dilakukan dengan mengambil bagian di antara bidang datar β_1, β_2 dan menetapkan bagian tengah permukaan bola sehingga didapat bola terpotong yang tertutup oleh bidang lingkaran kedua bagian.



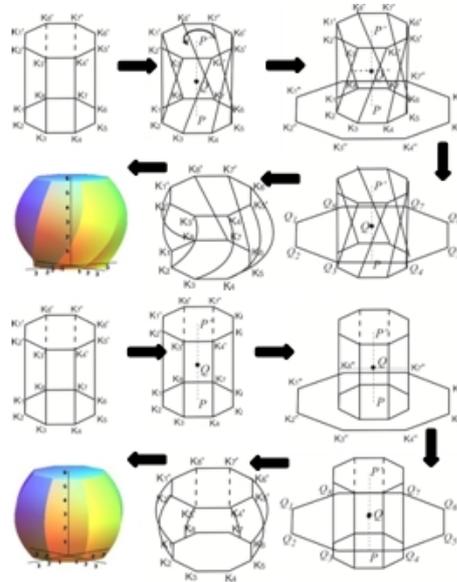
Gambar 5. Deformasi bola

6. Deformasi Prisma Segidelapan Beraturan

Misalkan diberikan prisma segidelapan beraturan dengan koordinat pasangan titik ujung-titik ujung rusuk $[K_i(x_i, y_i, z_i), K_i'(x_i, y_i, z_i + t)]$ dengan $i = 1, 2, \dots, 8$ dan tinggi t dengan $4 \leq t \leq 6$ cm. Masing-masing tutupnya bertitik berat di titik $P(x_0, y_0, z_0)$ dan $P'(x_0, y_0, z_0 + t)$ (Gambar 6). Jarak titik P ke K_i dan P' ke K_i' yaitu $1,5 \text{ cm} \leq r \leq 2,5 \text{ cm}$. Berdasarkan data tersebut dapat didesain beberapa bentuk kepala *end-rods* modifikasi puntiran cembung dan pola cembung dengan teknik deformasi prisma segidelapan sebagai berikut.

- Rotasikan tutup atas prisma segidelapan beraturan berlawanan arah jarum jam sebesar θ dengan $30^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ yang berpusat di titik P' sehingga didapatkan $K_i''(x_i', y_i', z_i' + t)$ dengan $i = 1, 2, \dots, 8$.
- Lihat titik K_i dan $\overline{P'}$ dengan $i = 1, 2, \dots, 8$ sebagai titik kontrol untuk beberapa kurva Bézier linier.
- Tentukan titik Q pada $\overline{P'}$, yaitu $Q = \langle x_0, y_0, z \rangle$, dengan $z \in [z_0, t]$.
- Dilatasi alas prisma dengan faktor pengali $k > 1$, $k \in R$ sehingga menghasilkan segidelapan beraturan $K_1''K_2''K_3''K_4''K_5''K_6''K_7''K_8''$.
- Translasikan segidelapan $K_1''K_2''K_3''K_4''K_5''K_6''K_7''K_8''$ sehingga titik pusatnya berimpit dengan titik Q dan dihasilkan segidelapan $Q_1Q_2Q_3Q_4Q_5Q_6Q_7Q_8$.
- Bangun kurva Bézier kuadratik untuk setiap pasangan titik kontrol (K_i, Q_i, K_i'') menggunakan persamaan (5).

- g) Interpolasikan secara linier masing-masing kurva Bézier secara berpasangan dan berurutan berlawanan arah jarum jam menggunakan persamaan (6).
- h) Membangun bidang lingkaran dengan menentukan satu titik koordinat lingkaran, dimana jari-jari lingkaran tersebut sama dengan jari-jari tabung leher *end-rods* yang mempunyai interval $1,5 \leq r \leq 2,5$ cm dan menggunakan persamaan (1).



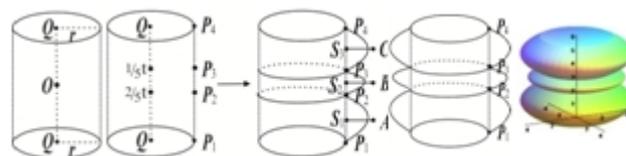
Gambar 6. Deformasi Prisma segidelapan modifikasi puntiran cembung dan pola cembung

7. Deformasi Tabung Kepala *End-rods*

Misalkan diberikan tabung dengan jari-jari $r = 4$ cm dan tinggi $t = 6$ cm dengan interval $5 \leq t \leq 7$ cm (Gambar 7 dan 8). Langkah-langkah deformasi tabung dengan pola lengkung cembung dan pola lengkung campuran sebagai berikut.

a. Pola lengkung cembung

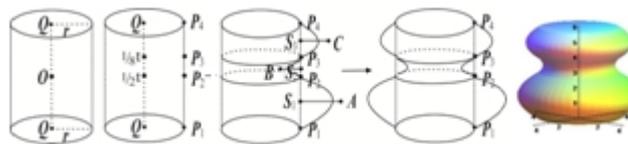
- a) Menetapkan segmen garis $\overline{P_1P_4}$ yang menghubungkan tutup bawah dan tutup atas tabung. Misalkan diambil titik P_2 dan P_3 sedemikian sehingga segmen tersebut terbagi menjadi tiga bagian ukuran perbandingan 2:1:2 dengan tinggi $\frac{2}{5}t : \frac{1}{5}t : \frac{2}{5}t$.
- b) Mulai P_1 ke P_2 , P_2 ke P_3 , dan P_3 ke P_4 dibangun kurva Bézier kuadratik dengan titik kontrol masing-masing A , B , dan C . Titik kontrol A berjarak k_1 satuan dari titik $S_1(r, \frac{2}{1}t, z)$, titik kontrol B berjarak k_2 satuan dari titik $S_2(r, \frac{1}{2}t, z)$, dan titik kontrol C berjarak k_3 satuan dari titik $S_3(r, \frac{8}{1}t, z)$, dengan $\frac{1}{2} < k_1, k_2, k_3 \leq r$ sedemikian sehingga diperoleh lengkung tabung.



Gambar 7. Deformasi lengkung cembung

b. Pola lengkung campuran

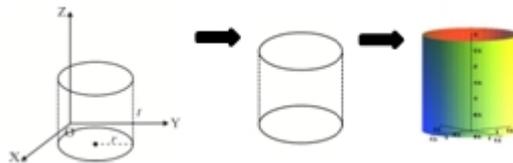
- a) Menetapkan segmen garis $\overline{P_1P_4}$ yang menghubungkan tutup bawah dan tutup atas tabung. Misalkan diambil titik P_2 dan P_3 sedemikian sehingga segmen tersebut terbagi menjadi tiga bagian ukuran perbandingan 3:1:2 dengan tinggi $\frac{1}{2}t; \frac{1}{8}t; \frac{3}{8}t$.
- b) Mulai P_1 ke P_2 , P_2 ke P_3 , dan P_3 ke P_4 dibangun kurva Bézier kuadratik dengan titik kontrol masing-masing A, B , dan C . Titik kontrol A berjarak k_1 satuan dari titik $S_1(r, \frac{1}{4}t, z)$, titik kontrol B berjarak k_2 satuan dari titik $S_2(r, \frac{9}{1}t, z)$, dan titik kontrol C berjarak k_3 satuan dari titik $S_3(r, \frac{1}{1}t, z)$, dengan $\frac{1}{2}r < k_1, k_3 \leq r$; $-\frac{1}{2}r < k_2 \leq -\frac{1}{4}r$ sedemikian sehingga diperoleh lengkung tabung.



Gambar 8. Deformasi lengkung campuran

8. Deformasi Tabung Leher *End-rods*

Misalkan diberikan tabung dengan jari-jari $r = 1,5$ cm dengan interval $1,5 \leq r \leq 2,5$ cm dan tinggi $t = 3$ cm (Gambar 9).



Gambar 9. Bentuk tabung pada leher *end-rods*

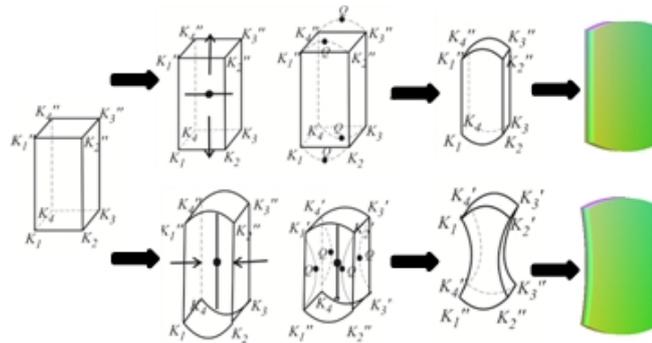
Modelisasi Komponen Penyusun *End-rods*

1. Deformasi Balok

Misalkan diberikan balok $p = 4$ cm dengan interval $2 \text{ cm} \leq p \leq 4 \text{ cm}$; $l = 1 \text{ cm}$; $t = 6$ cm dengan interval $4 \text{ cm} \leq t \leq 6 \text{ cm}$ (Gambar 10). Berdasarkan data diatas terdapat langkah-langkah deformasi balok dengan pola cembung cekung untuk komponen dudukan *hook* sebagai berikut.

- a) Tetapkan titik K_i dan K_i'' dengan $i = 1, 2, 3, 4$ sebagai titik awal untuk kurva Bézier linier.
- b) Tetapkan titik kontrol Q untuk mengontrol kelengkungan kurva Bézier kuadratik dimana $\frac{1}{4}r \leq Q \leq \frac{1}{2}r$.
- c) Bangun kurva Bézier kuadratik untuk setiap pasangan titik kontrol (K_i, Q, K_i'') pada persamaan (5).

- d) Interpolasikan secara linier masing-masing kurva Bézier sehingga membentuk bidang interpolasi pada persamaan (6).
- e) Tetapkan titik kontrol Q untuk mengontrol kelengkungan kurva Bézier kuadratik dimana $1\frac{1}{4}r \leq Q \leq 1\frac{1}{2}r$.
- f) Bangun kurva Bézier kuadratik untuk setiap pasangan titik kontrol (K_i, Q, K'_i) pada persamaan (5).
- g) Interpolasikan secara linier masing-masing kurva Bézier sehingga membentuk bidang interpolasi pada persamaan (6).

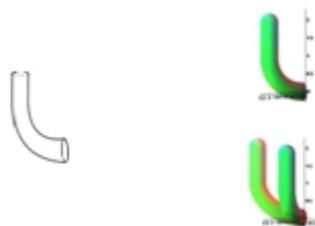


Gambar 10. Deformasi balok sebagaiudukan *hook*

2. Deformasi Torus, Tabung, dan Bola

Misalkan diberikan seperempat torus secara vertikal dengan jari-jari dalam $r = 0,25$ cm dan jari-jari luar $R = 1$ cm, tabung $r = 0,25$ cm dan tinggi tabung $t = 2$ cm dengan interval $1,5 \text{ cm} \leq t \leq 4 \text{ cm}$, bola dengan jari-jari $r = 0,25$ cm (Gambar 11). Berdasarkan data di atas terdapat langkah-langkah deformasi torus, tabung, dan bola untuk komponen pengait *hook* sebagai berikut.

- a) Membangun seperempat torus menggunakan persamaan (3).
- b) Menambah sebuah tabung dengan menggunakan persamaan (1).
- c) Menambah bola dengan menggunakan persamaan (4).



Gambar 11. Deformasi torus, tabung, dan bola

Penggabungan Komponen Penyusun *End-rods* dan *Hook*

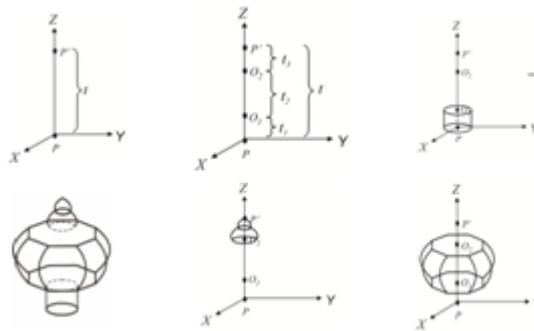
Berikut merupakan cara untuk menyusun rangkaian benda dasar geometri dari permasalahan di atas.

1. Model Satu Sumbu pada *End-rods*

Misalkan diberikan sumbu vertikal $\overline{P^T}$ dengan interval $10 \text{ cm} \leq t \leq 15 \text{ cm}$. Berdasarkan data tersebut dilakukan perangkaian model *end-rods* dengan satu sumbu

dijelaskan secara detail sebagai berikut.

- a. Bagi sumbu $\overline{P'}$ menjadi tiga bagian sebagai sumbu bagian leher, bagian kepala, dan bagian mahkota dengan perbandingan tinggi masing-masing bagian $t_1:t_2:t_3$ dengan $t_1 = \alpha_1 t$; $t_2 = \alpha_2 t$; dan $t_3 = t - t_1 - t_2$.
- b. Isi bagian $\overline{PO_1}$, $\overline{PO_2}$ dan $\overline{O_2P'}$ dengan benda-benda dasar komponen *end-rods* dengan langkah pengisian sebagai berikut.
 1. Pada bagian $\overline{PO_1}$, bangun tabung untuk membangun bagian alas *end-rods*.
 2. Pada bagian $\overline{O_1O_2}$, membangun bagian kepala *end-rods* dengan benda dasar bola, prisma segidelapan beraturan, dan tabung.
 3. Pada bagian $\overline{O_2P'}$, membangun bagian mahkota *end-rods* dengan benda dasar kerucut, tabung, dan bola.
- c. Gabungkan ketiga bagian *end-rods* dengan menggunakan satu sumbu pemodelan (Gambar 12).



Gambar 12. Model *end-rods* dengan satu sumbu pemodelan

Contoh hasil visualisasi desain *end-rods* satu sumbu dengan beberapa variasi kombinasi benda-benda dasar komponen *end-rods* dapat dilihat sebagai berikut (Gambar 13).



Gambar 13. Variasi model *end-rods*

Pada perangkaian komponen penyusun *end-rods* pada satu sumbu pemodelan ini, masing-masing bagian memiliki beberapa kemungkinan perangkaian diantaranya seperti berikut (Tabel 1).

Tabel 1. Detail *end-rods* pada model satu sumbu pemodelan

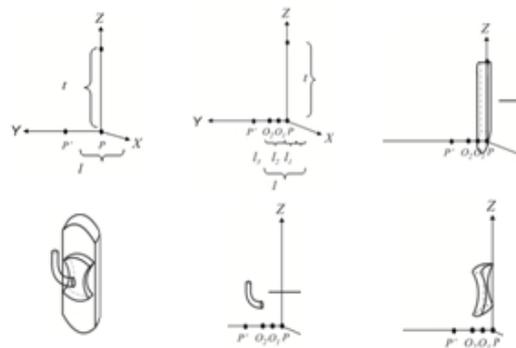
Komponen	Keterangan	Kombinasi	Jumlah Model
----------	------------	-----------	--------------

Bagian mahkota	Terdiri dari 5 bentuk hasil deformasi kerucut, 2 bentuk hasil deformasi perputaran Bézier kerucut dan 4 bentuk hasil deformasi tabung dan bola	$C_5^1 \cdot C_2^1 \cdot C_4^1$	40
Bagian kepala	Terdiri dari 2 bentuk hasil deformasi prisma segidelapan, 1 bentuk dari deformasi bola, dan 2 bentuk hasil deformasi tabung	$C_2^1 \cdot C_1^1 \cdot C_2^1$	4
Bagian leher	1 bentuk hasil deformasi	C_1^1	1
Penggabungan	Kombinasi bagian mahkota, kepala, dan leher	$(C_5^1 \cdot C_2^1 \cdot C_4^1) \times (C_2^1 \cdot C_1^1 \cdot C_2^1) \times (C_1^1)$	160

2. Model Satu Sumbu pada *Hook*

Misalkan diberikan sumbu horizontal $\overline{P'P}$ dengan panjang sumbu horizontal dalam interval $0 \leq l \leq 3$ cm. Berdasarkan data tersebut dilakukan perangkaian model *hook* dengan satu sumbu dijelaskan secara detail sebagai berikut.

- Bagi sumbu $\overline{P'P}$ menjadi tiga bagian sebagai sumbu dudukan (layer pertama dan layer kedua) dan bagian pengait dengan perbandingan lebar masing-masing bagian $l_1:l_2:l_3$ dengan $l_1 = \alpha_1 l$; $l_2 = \alpha_2 l$; dan $l_3 = l - l_1 - l_2$.
- Isi bagian $\overline{PO_1}$, $\overline{PO_2}$ dan $\overline{O_2P'}$ dengan benda-benda dasar komponen *hook* dengan langkah pengisian sebagai berikut.
 - Pada bagian $\overline{PO_1}$, bangun balok untuk membangun bagian dudukan *hook* (layer pertama).
 - Pada bagian $\overline{O_1O_2}$, bangun balok untuk membangun bagian dudukan *hook* (layer kedua).
 - Pada bagian $\overline{O_2P'}$, membangun bagian pengait *hook* dengan benda dasar torus, tabung, dan bola.
- Gabungkan ketiga bagian *hook* dengan menggunakan satu sumbu pemodelan (Gambar 14).



Gambar 14. Model *hook* dengan satu sumbu pemodelan

Contoh hasil visualisasi desain *end-rods* satu sumbu dengan beberapa variasi

kombinasi benda-benda dasar komponen *end-rods* dapat dilihat sebagai berikut (Gambar 15).



Gambar 15. Variasi model *hook*

Pada perangkaian komponen penyusun *hook* pada satu sumbu pemodelan ini, masing-masing bagian memiliki beberapa kemungkinan perangkaian diantaranya seperti berikut (Tabel 2).

Tabel 2. Detail *hook* pada model satu sumbu pemodelan

Komponen	Keterangan	Kombinasi	Jumlah Model
Bagian dudukan	Terdiri dari 4 bentuk hasil deformasi balok	C_4^1	4
Bagian pengait	Terdiri dari 2 bentuk hasil deformasi torus, tabung, dan bola	C_2^1	2
Penggabungan	Kombinasi bagian dudukan dan pengait	$(C_4^1) \times (C_2^1)$	8

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas didapatkan kesimpulan beberapa pola/model *end-rods* dan *hook* diantaranya sebagai berikut.

Pertama, bagian mahkota *end-rods* dimodelisasi dengan teknik deformasi memotong, memutar kurva, dan interpolasi, bagian kepala menggunakan teknik memotong, memuntir, dan interpolasi, sedangkan bagian leher menggunakan tabung. Variasi *end-rods* yang diperoleh yaitu 160 model.

Kedua, bagian dudukan *hook* dimodelisasi dengan teknik deformasi memotong dan interpolasi, sedangkan bagian pengait menggunakan teknik memotong. Variasi *hook* yang diperoleh yaitu delapan model.

Ketiga, model *end-rods* dan *hook* dapat divisualisasikan dengan *software* Maple 18.

Daftar Pustaka

- [1] Astuti, P., dan Kusno. 2012. Desain Komponen Rak Penataan Barang dengan Kurva dan Permukaan Parametrik. *Jurnal ILMU DASAR*. 13(1): 31-40.
- [2] Juhari dan E. Octafiatiningsih. 2015. Penerapan Kurva Bézier Karakter Simetrik dan Putar pada Model Kap Lampu Duduk Menggunakan Maple. *Cauchy*. 4(1): 28-34.
- [3] Kusno. 2002. *Geometri Rancang Bangun Studi Aljabar Vektor Garis, Lingkaran dan Ellips*. Jember: Jurusan matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.
- [4] Kusno. 2010. *Geometri Rancang Bangun Studi Tentang Desain dan pemodelan Benda dengan Kurva dan Permukaan Berbantu Komputer*. Jember: Jember University Press.
- [5] Kusno. 2019. *Construction of Regular Developable Bézier Patches*. *Journal Mathematical and Computational Applications*. 4(24): 1-13.

