

MODELISASI KURSI DENGAN PENGGABUNGAN HASIL DEFORMASI BENDA-BENDA RUANG MENGUNAKAN KURVA BEZIER

*(Modeling of Chairs by Combining the Result of the Deformation
of Space Objects Using the Bezier Curve)*

Annisa Ayu Nadzira, Bagus Juliyanto, Ahmad Kamsyakawuni

Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37 Jember 68121, Indonesia
e-mail: annisanadzira44@gmail.com, bagus.fmipa@unej.ac.id,
kamsyakawuni.fmipa@gmail.com

Abstract. Chairs are needed by humans to do some work, especially students and office workers. The parts contained in the chair are the chair legs, chair legs eats and chair backs. The purpose of this study is to obtain variations in the shape of office chairs using Bezier curves and incorporate the results of deformation of space geometric objects. In modeling this chair, it is divided into several stages, namely first, building the chair leg components. This chair leg component consists of chair wheels, connecting two wheels with tube deformation, modeling the chair leg branch components and modeling chair leg supports. Second, namely the model of the chair leg seat. Chair leg seat consists of regular hexagon prism deformation and regular quadrangle prism deformation. The third is the modelization of the back of the chair by using a rectangular prism model. The result of combining several components of the chair using one modeling axis produces 36 chair models, with special provisions, namely that the seat support parts can only be joined using a tube.

Keywords: Bezier curve, chairs, deformation, tube

MSC2020: 51M15, 51N10

1. Pendahuluan

Kursi merupakan alat kebutuhan dari setiap manusia, khususnya mahasiswa maupun pekerja kantoran. Kursi digunakan untuk menunjang tingkat kenyamanan maksimal dan mendukung aktivitas belajar karena sebagian besar aktivitas mahasiswa dilakukan dengan posisi duduk. Di kalangan mahasiswa, kursi sangat dibutuhkan untuk membantu belajar ataupun mengerjakan tugas dengan baik. Posisi duduk harus menjadi pusat perhatian karena jika posisi duduk tidak nyaman sangatlah berpengaruh terhadap proses belajar atau aktivitas lainnya. Namun demikian, produk yang dihasilkan memiliki nilai seni yang tinggi, unik dan bervariasi. Desain produk kursi di dalam kelas merupakan bagian yang sangat penting dalam membentuk postur duduk anak dalam waktu jangka panjang [4].

Pengembangan produk pada penelitian ini dengan seiring berkembangnya jenis produk dan teknologi yang menghasilkan berbagai jenis produk dan barang baru di pasaran yang

memenuhi kebutuhan konsumen secara fisik (*functional*) maka pada penelitian ini dengan memodelisasi tempat duduk kursi penggabungan benda geometri ruang (balok, tabung, prisma segi-enam) serta menggunakan teknik deformasi dan Kurva Bezier. Dalam pembuatan sketsa atau desain kursi diperoleh dari penggabungan interpolasi linier Bezier, interpolasi kurva permukaan maupun parametrik [1]. Sehingga dihasilkan bentuk kursi yang sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Inspirasi desain bersumber dari “Kursi Kantor” yang ada pada mebel online.

Menurut Suryadi [5], tabung dapat dibangun oleh garis lurus yang sejajar dengan garis lurus tertentu (poros) yang bergerak sejajar dengan jarak konstan. 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:

$$L(\theta) = \langle x_1 + R \cos \theta, y_1 + R \sin \theta, z_1 \rangle \tag{1}$$

$0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan R adalah jari-jari.

Tabung mempunyai persamaan parametrik lingkaran dengan pusat $P_1(x_1, y_1, z_1)$, jari-jari R , dan terletak pada bidang $y = y_1$ yaitu:

$$S(\theta, z) = \langle x_1 + R \cos \theta, y_1, z_1 + R \sin \theta \rangle, \tag{2}$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $y_1 \leq y \leq y_1 + t$.

Sebuah prisma dinamakan prisma segiempat atau balok apabila memiliki bidang alas dan bidang atas berbentuk segiempat [2]. Langkah-langkah deformasi sisi tegak prisma menjadi cekung dan cembung dijelaskan sebagai berikut:

- a. Menetapkan titik K_i dan K_i'' dengan $i = 1, 2, \dots, 4$ sebagai titik kontrol untuk kurva Bezier linier.
- b. Menetapkan titik control Q pada $\overline{PP'}$ untuk mengontrol kelengkungan kurva Bezier kuadratik, yaitu $Q = \langle 0, 0, \frac{1}{4}z \rangle$, dengan $z \in [Z_0, t]$ dan pergeseran $Q, \frac{1}{4}r \leq r \leq \frac{1}{2}r$ untuk sisi tegak cekung dan $Q, 1\frac{1}{4}r \leq r \leq \frac{1}{2}r$ untuk sisi tegak cembung.
- c. Membangun kurva Bezier kuadratik untuk setiap pasangan titik kontrol (K_i, Q, K_i'') seperti pada persamaan berikut:

$$S(u, v) = (1 - u) \cdot \overline{C}_1(u) + v \cdot \overline{C}_2(u)$$

dengan,

$$\begin{aligned} \overline{C}_1(u) &= \overline{K}_i(1 - u)^2 + 2\overline{Q}(1 - u)u + \overline{K}_i u^2 \overline{C}_2(u) v \cdot \overline{C}_1(u) \\ &= \overline{K}_2(1 - u)^2 + 2\overline{Q}(1 - u)u + \overline{K}_i u^2. \end{aligned}$$

- d. Menginterpolasikan secara linier masing-masing kurva Bezier melalui persamaan $S(u, v) = (1 - u) \cdot \overline{C}_1(u) + v \cdot \overline{C}_2(u)$

secara berpasangan dan berurutan berlawanan arah jarum jam.

Menurut Kusno [2], bola adalah kedudukan titik-titik dalam ruang yang berjarak sama terhadap titik tertentu. Berdasarkan titik koordinat bola persamaan bola dalam bentuk parametrik. Jika diketahui bola dengan pusat $Q(a, b, c)$ dan $P = r$, maka bentuk parametrik bola dapat dinyatakan dalam persamaan bola sebagai berikut.

$$B(\phi, \theta) = \overline{O} = S(\phi, \theta),$$

dengan, $\overline{O} = \langle a, b, c \rangle$ atau

$$B(\phi, \theta) = \langle r \cdot \sin \phi \cos \theta, r \cdot \sin \phi, r \cdot \cos \phi \rangle \quad (4)$$

Menurut Kusno [3], kurva Bezier derajat n $C(u)$ dinyatakan dalam bentuk parameter

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

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 atau titik kontrol kurva $C(u)$.

Menurut [6], misalkan terdapat dua segmen garis \overline{A} dan \overline{C} didefinisikan masing-masing $A(x_1, y_1, z_1)$, $B(x_2, y_2, z_2)$, $C(x_3, y_3, z_3)$ dan $D(x_4, y_4, z_4)$ dalam bentuk parametrik $I_1(u)$ dan $I_2(u)$, maka permukaan parametrik hasil interpolasi linier kedua segmen garis tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$S(u, v) = (1-v)I_1(u) + vI_2(u) \quad (6)$$

dengan batas $0 \leq u, v \leq 1$.

2. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan modelisasi kursi diuraikan sebagai berikut:

- a. Menentukan data berupa ukuran komponen yaitu kaki kursi, dudukan kursi dan sandaran kursi.
- b. Memodelkan bangun-bangun ruang yang dipilih yaitu menjadi:
 1. Mendesain kaki kursi pada bagian penyangga utama kursi dengan memotong secara horizontal sisi tegak tabung dan menggunakan metode deformasi transformasi dilatasi beberapa tabung sesuai ukuran yang ditentukan serta menggunakan pola lengkung horizontal dengan memberi kelengkungan oleh kurva Bezier kuadratik atau berderajat dua $n = 2$ pada bagian cabang empat kaki kursi serta diberikan beberapa model variasi kaki kursi.

2. Mendesain bagian tempat duduk kursi dengan beberapa model variasi bangun ruang seperti prisma segi-enam, prisma segiempat beraturan. Prosedur memodelisasi dudukan kursi dengan teknik deformasi Kurva Bezier dan interpolasi.
- c. Penggabungan seluruh komponen tempat duduk kursi:
1. Membangun sumbu pemodelan untuk merangkai benda hasil modelisasi kaki kursi dan tempat duduk kursi.
 2. Memodelisasi kursi utuh yang tergabung secara kontinu. Dalam hal ini merangkai benda dasar komponen kursi pada tiga model sumbu pemodelan dengan cara meletakkan komponen kursi pada masing-masing bagian sumbu pemodelan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Deformasi Roda Kaki Kursi

Deformasi bola dengan teknik pemotongan bola secara vertikal dengan dua pemotongan untuk roda kursi dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

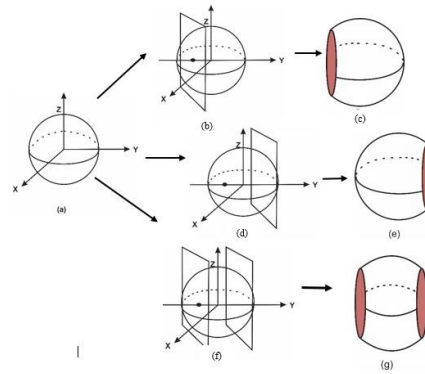
Langkah-langkah pemotongan bola dengan dua pemotongan bidang datar vertikal dengan langkah-langkah berikut.

1. Menentukan titik $A(x_1, y_1 + k, z_1)$ dan menentukan titik $B(x, y_1 - k, z_1)$ yang sejajar sumbu y dimana $\frac{1}{4}r \leq k \leq \frac{3}{4}r$ dan $-\frac{3}{4}r \leq k \leq -\frac{1}{4}r$.
2. Menentukan bidang α dan bidang β melalui titik A dan sejajar bidang XOZ dengan persamaan bidang $\alpha = y_1 + k$ dan persamaan bidang $\beta = y_1 - k$.
3. Menentukan interseksi antara bola dan bidang α yaitu berupa lingkaran dengan persamaan $(x - x_1)^2 + (z - z_1)^2 = r^2 - k^2$, kemudian ambil bagian potongan bola yang memuat pusat bola.
4. Membangun lingkaran $0 \leq r \leq r^2 - k^2$ dengan persamaan lingkaran berikut (Gambar 1)

$$(x - x_1)^2 + (z - z_1)^2 = r^2 - k^2.$$

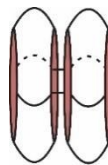
5. Mentranslasikan dengan persamaan translasi dengan vektor $(0, a, 0)$ setelah dilakukan pemotongan bola di dua bidang datar vertikal sebagai berikut

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ a \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y + a \\ z \end{bmatrix}.$$



Gambar 1. Pemotongan bola dengan satu dan dua bidang vertikal

Dengan demikian, roda kursi tampak seperti Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Translasi pemotongan bola secara vertikal

3.2. Membangun Penghubung Dua Roda dengan Deformasi Tabung

Untuk membangun penghubung roda dapat dilakukan dengan memberikan tabung dengan diameter $2 \leq d \leq 3c$, dan tinggi $0 \leq t \leq 3c$. Berdasarkan data tersebut, dimodelkan bentuk bagian penghubung roda dengan langkah sebagai berikut.

1. Membangun tabung pertama yang berpusat di $(0,0,0)$ dan sejajar sumbu z dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}x(u, v) &= r \cos(u) \\y(u, v) &= r \sin(u) \\z(u, v) &= 2,5 v + 2,5\end{aligned}$$

2. Memotong tabung pertama dengan bidang β_1 yang mempunyai kemiringan 45° terhadap bidang X dengan yang menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\beta_1 \equiv x + y + z = 0$$

3. Membangun tabung kedua horizontal sejajar dengan sumbu y dengan persamaan :

$$\begin{aligned}x(u, v) &= r \cos(u) \\y(u, v) &= 2,5 v + 2,5 \\z(u, v) &= r \sin(u)\end{aligned}$$

4. Memotong tabung pertama dengan arah berlawanan dengan bidang β_2 yang mempunyai kemiringan 45° terhadap bidang Z dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

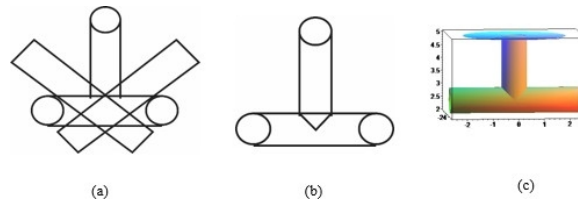
$$\beta_2 \equiv x - y + z = 0,$$

sehingga β_1 dan β_2 memenuhi $a^2 + b^2 = c^2$.

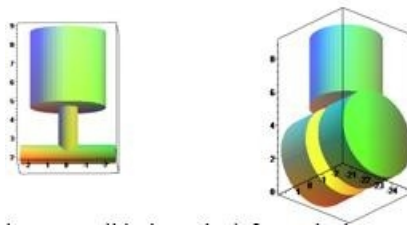
5. Menentukan interseksi antar tabung dengan bidang β_1 dan β_2 sehingga membentuk persamaan parametris elips sebagai berikut.

$x = \frac{1}{2}(\sqrt{2} \sin t - 1)$ dan $y = \frac{1}{2}(\sqrt{2} \cos t - 1)$ dengan, $0 \leq t \leq 2\pi$ untuk elips pertama sedangkan elips yang kedua yaitu $x = \frac{1}{2}(\sqrt{2} \sin t - 1)$ dan $y = \frac{1}{2}(\sqrt{2} \cos t + 1)$.

Menentukan persamaan batas tabung β_1 dan β_2 yaitu $0 \leq u \leq 2\pi$, $0 \leq v \leq 1$ dan $r = 0,5 c$ seperti ditunjukkan pada Gambar 3 berikut



Gambar 3. Deformasi tabung pada penghubung bola



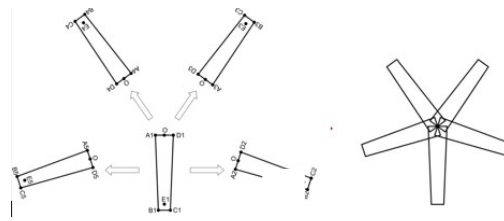
Gambar 4. Validasi Maple deformasi tabung penghubung bola

3.3. Modelisasi Komponen Cabang Kaki Kursi

Pada pembentukan kaki cabang kursi menjadi lima bagian, titik pusat berada pada titik $(0,0)$, $A1(-3,0)$ dan $D1(3,0)$. Pembentukan bangun ini mendeformasi balok dimana x dan y didilatasi dengan skala $\frac{3}{2}$ dengan lebar awal 4 cm dan setelah didilatasi menjadi 6 cm dengan bagian pusat lebih tinggi dari bagian luar dan lebih besar dan panjang cabang kaki kursi menyesuaikan dengan ukuran kursi yaitu panjang cabang kaki kursi 20 cm. Pendilatasian bangun ini yang pertama dilakukan pada titik A dan titik D . Setelah terbentuk menjadi lima cabang dengan pencerminan dan titik berbeda lalu kelima cabang tersebut diputar sejauh 72° setiap titik akhirnya sehingga titik $2 \rightarrow \theta = 72^\circ$, $A3 \rightarrow \theta = 2 * 72^\circ$, $A4 \rightarrow \theta = 3 * 72^\circ$, $A5 \rightarrow \theta = 4 * 72^\circ$ (Gambar 5). Rotasi yang digunakan yaitu menggunakan rotasi Counter Clockwise.

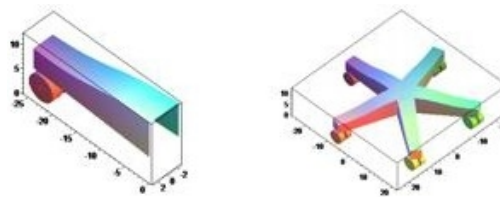
$$A'x = A * \cos(\theta) - A * \sin(\theta)$$

$$A'y = A * \sin(\theta) + A * \cos(\theta).$$



Gambar 5. Deformasi balok cabang kaki kursi

Setelah lima cabang kaki terbangun di tengah cabang kaki bangun prisma segilima sebagai penghubung kelima cabang kaki tersebut, sehingga dihasilkan bentuk gambar seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Validasi kaki kursi

3.4. Modelisasi Komponen Penyangga Kaki Kursi

Misalkan diberikan tabung dengan jari-jari $2 \leq r \leq 5c$, tinggi t dengan $12 \leq t \leq 37c$ dan penyangga berada pada pusat di titik $P = (X_0, Y_0, Z_0)$. Pemilihan r dan t dalam selang tersebut dimaksudkan agar ukuran bentuk penyangga aman digunakan. Berdasarkan data tersebut didesain komponen penyangga kursi kerja menggunakan teknik deformasi dilatasi dan pemotongan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- Menentukan titik A_1 dan A_2 pada bagian alas atas dan alas bawah tabung. sedemikian hingga A_1A_2 sejajar dengan sumbu simetri tabung P' dimana tabung pertama dengan $r = 2,5c$ dan $t = 37c$.
- Menduplikasi tabung dengan pusat alas di $P = (X_0, Y_0, Z_0)$ sehingga didapatkan titik pusat hasil duplikasi dengan $P'_0 = P_0$, sehingga didapat matriks translasi

$$1 = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 - 37 \end{bmatrix}.$$

- Mendilatasi tabung $P_0(1)$ dengan pusat P'_0 dengan $r = 3c$.
- Memotong tabung hasil langkah 3 di bidang $z = 30$.
- Menggeser z sejauh $17c$ untuk menentukan tabung kedua dengan $t = 25c$.
- Menduplikasi tabung kedua dengan pusat alas di $P = (X_0, Y_0, Z_0)$ sehingga didapatkan titik pusat hasil duplikasi dimana $P'_0 = P_0$ didapat matriks translasi

$$2 = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 - 25 \end{bmatrix}.$$

- Mendilatasi tabung $P_0(1)$ dengan pusat P'_0 dengan jari-jari tabung ketiga $r = 4c$.

- h. Memotong tabung hasil langkah 3 di bidang $z = 13$.
- i. Menggeser z sejauh $13 c_1$ untuk menentukan tabung ketiga dengan $t = 12 c_1$.
- j. Menentukan $k > 1$ sehingga didapatkan tabung yang pertama dengan $2.5 \leq r \leq 5 c_1$ dan $37 \leq t \leq 40 c_1$, tabung kedua $3 \leq r \leq 5 c_1$ dan $25 \leq t \leq 30 c_1$, tabung ketiga dengan $4 \leq r \leq 5 c_1$ dan $12 \leq t \leq 37 c_1$ dimana $k_1 = \frac{6}{5}$, dan $k_2 = \frac{8}{5}$.

Dengan demikian didapatkan hasil tabung dengan jari-jari dan tinggi tabung berbeda seperti pada Gambar 7. Pendilatasian dan pemotongan tiga tabung ini guna untuk membangun penyangga kursi dengan benda dasar tabung.



Gambar 7. Deformasi tabung

3.5. Modelisasi Dudukan Kursi dengan Deformasi Prisma Segi Enam Beraturan

Misalkan diberikan sebuah prisma segi enam beraturan dengan koordinat pasangan titik sudutnya $T_i(x_i, y_i, z_i)$ dan $T_i'(x_i', y_i', z_i')$, $i = 1, 2, 3, \dots, 6$ dengan 12 titik sudut. Langkah-langkah deformasi dengan pola segienam beraturan yaitu sebagai berikut:

- a. Menentukan titik tengah $P_i \left(\frac{x_i + x_i'}{2}, \frac{y_i + y_i'}{2}, \frac{z_i + z_i'}{2} \right)$, dengan, $i = 1, 2, \dots, 6$ dan titik tengah $P_6 \left(\frac{x_6 + x_6'}{2}, \frac{y_6 + y_6'}{2}, \frac{z_6 + z_6'}{2} \right)$ pada $\overline{K_1 K_6}$.
- b. Menentukan titik Q diluar prisma segi enam beraturan dengan koordinat

$$Q_i = \left(\frac{x_i + x_i'}{2}, \frac{y_i + y_i' + k}{2}, \frac{z_i + z_i'}{2} \right)$$

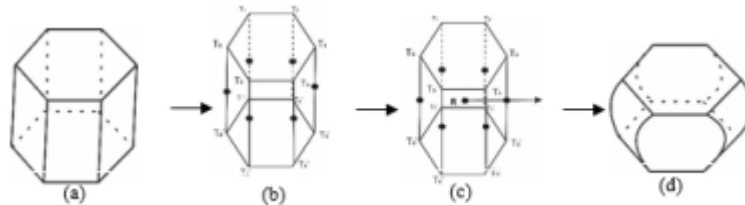
dengan $0 \leq k \leq \frac{2}{3} u \overline{T_i T_i'}$ dan RP_i , dengan $R < \overline{P_i Q_i} \leq \frac{3}{4} u P_i$

- c. Menentukan titik Q_i prisma segi enam beraturan dengan koordinat:

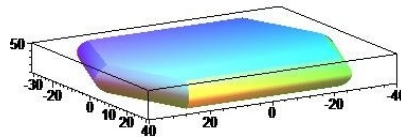
$$Q_i = t \begin{pmatrix} \frac{x_1 + x_4}{2} \\ \frac{y_1 + y_4}{2} \\ \frac{z_1 + z_4}{2} \end{pmatrix} + (1 - t) \begin{pmatrix} \frac{x_i + x_{i+1}}{2} \\ \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \\ \frac{z_i + z_{i+1}}{2} \end{pmatrix}$$

dengan $t \in \left[0, \frac{3}{4} \right]$ sehingga didapat titik-titik $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6$. Titik Q sejajar dengan sumbu x atau y ditarik keluar sejauh k sehingga diperoleh titik Q diluar prisma segi enam beraturan.

- d. Membangun kurva Bezier kuadrat dengan Persamaan (5) dengan titik kontrol T_i, Q_i, T_i' dengan $i = 1, 2, \dots, 6$ dan titik kontrol T_1, Q_6, T_6 .
- e. Menginterpolasikan masing-masing kurva batas dengan Persamaan (6) sedemikian hingga membentuk bidang interpolasi dijelaskan pada Gambar 8.



Gambar 8. Modelisasi prisma segi enam beraturan



Gambar 9. Visualisasi Maple 18 prisma segi enam beraturan

3.6. Dudukan Kursi dengan Deformasi Prisma Segi Empat Beraturan Pola Cembung dan Cekung

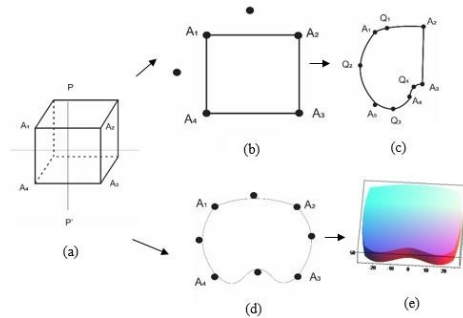
Modelisasi bentuk dudukan kursi yang ketiga yaitu menggunakan prisma segi empat dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menentukan titik A_1, A_2, A_3, A_4 pada prisma segi empat sedemikian sehingga $(A_1A_4$ dan A_2A_3 sejajar dengan sumbu simetri P' garis A_1A_2 sejajar dengan sumbu simetri Q' sebagai titik kontrol dan kurva kuadrat dan A_3A_4 sebagai kurva Bezier kubik.
2. Menentukan pusat prisma segi empat beraturan,

$$R = \left(\frac{x_1+x'_1+x_4+x'_4}{4}, \frac{y_1+y'_1+y_4+y'_4}{4}, \frac{z_1+z'_1+z_4+z'_4}{4} \right).$$
3. Menentukan titik tengah $P_i = \left(\frac{x'_1+x'_4}{2}, \frac{y'_1+y'_4}{2}, \frac{z'_1+z'_4}{2} \right)$ dengan $i = 1, 2, 3,$ dan 4.
4. Menentukan titik kontrol ketiga dari kurva Bezier kuadrat $A_5 d A_6$ dengan A_5 dan A_6 dengan koordinat $t \left(0, 1 \frac{1}{2} t \right)$ dengan $0 < a \leq 1 \frac{1}{2} t$. titik kontrol hanya terletak pada garis A_1A_2, A_1A_4 dan A_3A_4 (Gambar 10 b).
5. Membangun kurva Bezier kuadrat melalui Persamaan (5) dengan titik kontrol (A_5, A_6, A_7, A_8) , pada garis A_3A_4 bangun kurva kubik sehingga terbentuk seperti Gambar 10 c, dengan titik kontrol A_7 dan A_8 dimana koordinat $t \left(\alpha \leq \frac{3}{8} t \right)$.
6. Menentukan titik kontrol kurva Bezier dari pusat titik tengah segmen garis $\overline{A_3A_4}$ dengan Persamaan (5). Persamaan $(r \cos \emptyset, r \sin \emptyset)$ berbentuk $\frac{1}{2}$ elips dengan


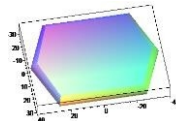
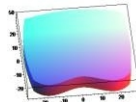
cembung untuk batas $\pi \leq \phi \leq 2\pi$ dan untuk membentuk elips cekung $0 \leq \phi \leq \pi$ (Gambar 10 d).

7. Mentranslasikan secara horizontal sepanjang $\overline{A_2A_3}$ secara linier untuk mendapatkan sebuah permukaan interpolasi dan terbentuk bangun yang utuh.



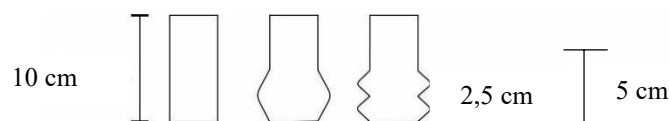
Gambar 10. Modelisasi prisma segi empat

Tabel 1. Variasi bentuk potongan deformasi

Variasi	Hasil modelisasi	Keterangan
Variasi 1		$t = 8 \text{ cm}$ $l = 42 \text{ cm}$ $p = 50 \text{ cm}$
Variasi 2		$t = 10 \text{ cm}$ $l = 42 \text{ cm}$ $p = 50 \text{ cm}$
Variasi 3		$t = 10 \text{ cm}$ $l = 42 \text{ cm}$ $p = 50 \text{ cm}$

3.7. Modelisasi Penghubung Dudukan dan Sandaran Kursi

Langkah-langkah untuk membangun penghubung sandaran dan dudukan kursi pada variasi kedua (Gambar 11) yang ketiga dapat dijelaskan sebagai berikut.

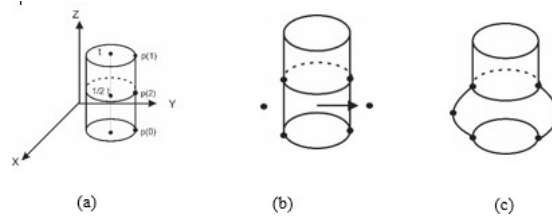


Gambar 11. Macam-macam penghubung dudukan dengan sandaran kursi

a. Membagi tabung menjadi dua bagian.

Misalkan diberikan tabung dengan diameter $2 \leq d \leq 3$ cm dan tinggi $8 \leq t \leq 10$ cm.

1. Menentukan dua bagian pada tabung, yaitu bangun tabung dengan menentukan titik tengahnya yaitu $\frac{1}{2}$ dari tinggi tabung sehingga diperoleh bagian satu dan bagian dua dari tabung (Gambar 12 a).
2. Menentukan titik kontrol $p(2)$ ketiga dari tabung tersebut pada $\frac{1}{2}$ tinggi tabung bagian bawah yaitu bagian kedua dari tabung (Gambar 12 b).
3. Membangun kurva Bezier pada titik kontrol yang telah ditentukan (Gambar 12 c).

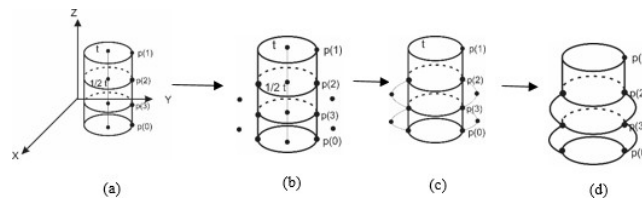


Gambar 12. Modelisasi tabung dua bagian

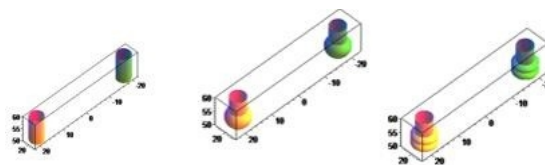
b. Membagi tabung menjadi tiga bagian

Misalkan diberikan tabung dengan diameter $2 \leq d \leq 3$ cm dan tinggi $8 \leq t \leq 10$ cm.

1. Menentukan tiga bagian pada tabung, yaitu bangun tabung dengan menentukan titik tengahnya yaitu $\frac{3}{4}$ dari tinggi tabung sehingga diperoleh bagian satu, bagian dua tabung dan bagian tiga dari tabung (Gambar 13 b).
2. Menentukan titik kontrol p ketiga dari tabung tersebut pada bagian kedua dan ketiga dari tabung (Gambar 13 c).
3. Membangun kurva Bezier pada titik kontrol yang telah ditentukan (Gambar 13 d).



Gambar 13. Modelisasi tabung tiga bagian



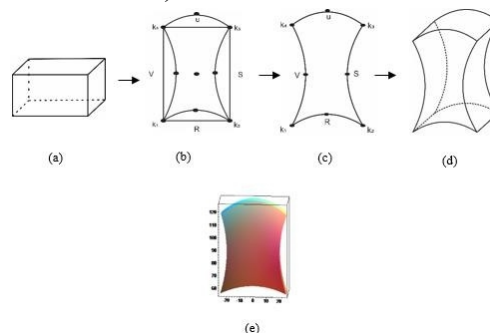
Gambar 14. Validasi translasi modelisasi tabung satu, dua dan tiga bagian

3.8. Modelisasi Sandaran Kursi dengan Deformasi Prisma Segi Empat Beraturan dengan Pola Cekung dan Cembung

Deformasi prisma segi empat beraturan dengan pola cekung dan cembung. Deformasi ini menggunakan kurva Bezier kuadratik. Misalkan diberikan balok dengan koordinat pasangan titik ujung rusuk. $[K_i(x_i, y_i, z_i), K'_i(x_i, y_i, z_i + t)]$ dengan $i = 1, 2, \dots, 4$ dan tinggi balok 65 cm atau $1 \leq t \leq 65$ cm. Masing-masing rusuk mempunyai titik berat di titik $O(x, y, z)$ dan $O'(x, y, z + t)$. Nilai $x_1 = x_2 = \frac{1}{2}a - x, x_3 = x_4 = x + \frac{1}{2}a, y_1 = y_4 = y - \frac{1}{2}a, y_2 = y_3 = \frac{1}{2}a + y$ dan nilai (a) panjang rusuk adalah 60 cm dengan menetapkan titik O' sebagai sumbu simetri. Langkah-langkah yang digunakan untuk mendeformasi balok perubahan rusuk sebagai berikut.

Menetapkan masing-masing K_1, K_2, K_3 dan K_4 sebagai titik diawal dan K'_1, K'_2, K'_3 dan K'_4 sebagai titik akhir dari masing-masing titik awal kurva.

1. Menentukan prisma segi empat dengan ukuran 25×60 . (Gambar 15 a)
2. Menetapkan titik pada rusuk $\overline{K_1K_2}, \overline{K_2K_3}, \overline{K_3K_4},$ dan $\overline{K_4K_1}$ sebagai titik kontrol T_1, T_2, T_3, T_4 . (Gambar 15 b)
3. Menentukan titik pusat R $\left(\frac{x_1+x'_1+x_4+x'_4}{4} + \frac{y_1+y'_1+y_4+y'_4}{4} + \frac{z_1+z'_1+z_4+z'_4}{4} \right)$
4. Menentukan titik $P_i = \left(\frac{x_i+x'_i}{2}, \frac{y_i+y'_i}{2}, \frac{z_i+z'_i}{2} \right)$.
5. Membangun titik awal, titik kontrol dan titik akhir dengan menggunakan kurva bezier kuadratik P_1 yang diperoleh dari langkah 1 (Gambar 15 c).
6. Menginterpolasikan masing-masing kurva batas pada langkah 3 menggunakan Persamaan (2.6) sehingga membentuk bidang interpolasi.
7. Membangun kurva Bezier kuadratik pada sisi kanan, sisi kiri dan bawah menggunakan deformasi kurva Bezier kedalam sedangkan pada sisi atas interpolasi kurva bezier mengarah pada luar (Gambar 15 e).

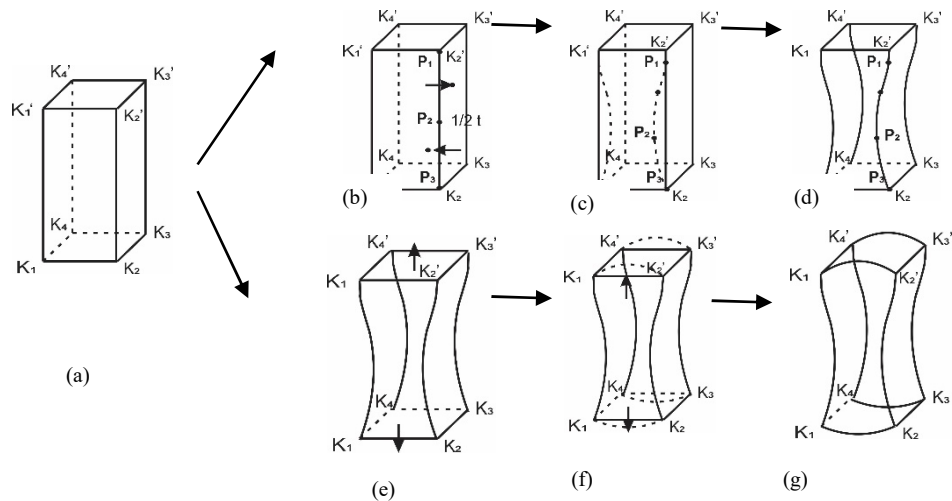


Gambar 15. Deformasi prisma segi empat

3.9. Modelisasi Sandaran Kursi Prisma Segi Empat dengan Pola Lengkung Campuran

Desain sandaran kursi yang ketiga yaitu dengan modelisasi prisma segiempat beraturan dengan pola lengkung campuran yaitu pola cembung dan pola cekung. Langkah-langkah deformasi prisma segiempat beraturan dengan pola lengkung campuran adalah:

1. Menetapkan segmen garis $\overline{P_1P_4}$ yang menghubungkan tepi bawah dan tepi atas sandaran kursi. Misalkan diambil titik P_2 dan P_3 , sedemikian sehingga segmen tersebut terbagi menjadi tiga bagian ukuran perbandingan $3:1:2$ dengan tinggi $\frac{3}{8}t : \frac{1}{8}t : \frac{1}{2}t$.
2. Membangun kurva Bezier kuadratik yang dimulai dari P_1 ke P_2 , P_2 ke P_3 , P_3 ke P_4 menggunakan Persamaan (5) 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 $\frac{1}{2}r < k_1, k_3 < r; -\frac{1}{2}r < k_3 < -\frac{1}{4}r$ sedemikian sehingga diperoleh lengkung persergi empat.
3. Membangun titik kontrol Q untuk mengambil kelengkungan kurva Bezier kuadratik pada bagian tepi atas dan tepi bawah



Gambar 16. Deformasi prisma segi empat untuk sandaran kursi

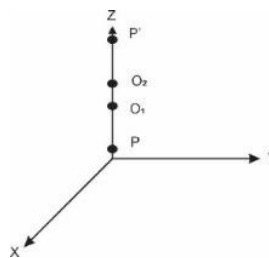
3.10. Perangkaian Benda Dasar Komponen Kursi pada Sumbu Penggabungan

Misalkan diberikan sumbu vertikal \overline{O} dengan koordinat titik-titik ujung $O(0,0,0)$ dan $P(0,0,t)$ sehingga t merupakan tinggi komponen kursi. Untuk mendapatkan ukuran yang ideal atau proporsional dengan tubuh manusia, maka nilai t diambil dalam rentang $100 \leq t \leq 120$ c disesuaikan dengan tinggi manusia rata-rata. Berdasarkan data tersebut dilakukan perangkaian model kursi dengan satu sumbu dijelaskan secara detail sebagai berikut:

Bagi sumbu \overline{O} menjadi tiga bagian segmen non homogen dimana perbandingan tinggi masing-masing bagian $t_1 : t_2 : t_3$ yaitu $2 : 1 : 2$. Kaki kursi terdiri dari tiga bagian yaitu roda kursi, cabang lima kali kursi dengan arah yang berbeda dan penyangga utama kursi, t_2 adalah bagian dudukan kursi dengan interval $20 \leq t \leq 25$ c dengan t_2 berada pada sumbu x , dan t_3 adalah bagian sandaran kursi dengan interval tinggi $40 \leq t \leq 50$ c dimana t_3 berada pada sumbu z . Bagian yang telah terbagi tersebut kemudian diisi dengan

benda-benda dasar komponen kursi yaitu bagian $\overline{OQ_1}$ dan $\overline{Q_1P}$ dengan hasil perlakuan sebagai berikut:

- Isi bagian $\overline{O_1O_2}$ untuk dudukan kursi dimana terbagi menjadi dua bagian yaitu dudukan kursi dan penghubung antara dudukan dengan sandaran kursi yang dilakukan berdasarkan langkah yang telah dijelaskan.
- Bagian $\overline{O_2P'}$ untuk membangun komponen sandaran kursi yang terbangun dari prisma segi empat dengan $t = 40\text{ cm}$ dan titik pusat berada pada titik O_2 dan tinggi t_3 sedangkan mempunyai lebar 5 cm . untuk membangun sandaran kursi dilakukan berdasarkan langkah yang telah dijelaskan.
- Gabungkan komponen benda-benda dasar penyusun kursi dalam rangkaian pada satu sumbu penggabungan (Gambar 17).



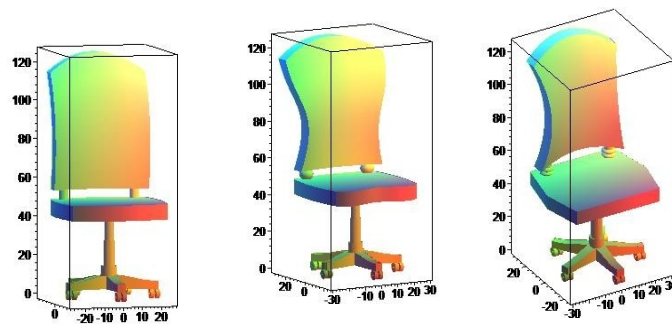
Gambar 17. Sumbu tegak penggabungan

Pada perangkaian kursi dengan satu sumbu penggabungan, masing-masing bagian kursi memiliki beberapa kemungkinan perangkaian sebagai berikut: (Tabel 2).

Tabel 2. Variasi model kursi yang dapat dibuat

Komponen	Keterangan	Kombinasi	Jumlah model
Bagian kaki kursi	1 bentuk modelisasi	C_1^1	1
Bagian dudukan kursi	3 bentuk modelisasi prisma dan 3 bentuk modelisasi penghubung.	$C_3^1 \cdot C_3^1$	9
Bagian sandaran Kursi	4 bentuk modelisasi prisma	C_4^1	4
Penggabungan seluruh komponen	Kombinasi bagian kaki, dudukan, sandaran kursi	$C_1^1 \times C_3^1 \cdot C_3^1 \times C_4^1$	36

Contoh hasil visualisasi desain kursi satu sumbu dengan beberapa variasi kombinasi benda- benda dasar komponen kursi dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Variasi model kursi

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil dan pembahasan, maka didapatkan kesimpulan beberapa pola atau model kursi sebagai berikut:

- a) Didapatkan hasil modelisasi kursi untuk bagian kaki kursi yaitu teknik pemotongan bola dengan dua pemotongan bidang datar vertikal sebagai roda kursi, teknik dilatasi dengan skala $\frac{3}{2}$ bagian titik A dan titik D pada balok dan ditranslasikan sebanyak lima bagian lalu diputar 72 derajat setiap titiknya serta teknik dilatasi, pemotongan dan translasi tabung untuk membangun penyangga kaki tabung. Didapatkan modelisasi dudukan kursi menggunakan teknik deformasi prisma segi enam beraturan pola lengkung cembung dan teknik deformasi prisma segi empat beraturan dengan pola lengkung cekung maupun campuran (pola lengkung cembung dan cembung) dengan menggunakan fungsi interpolasi linier dari kurva bezier kuadrat. Didapatkan modelisasi prisma segi empat beraturan dengan pola lengkung cekung maupun pola lengkung campuran (pola lengkung cembung dan cekung) dengan menggunakan kurva Bezier kuadrat dan interpolasi kuadrat maupun kurva Bezier kubik.
- b) Hasil penggabungan dari beberapa komponen penyusum kursi tersebut dengan menggunakan satu sumbu pemodelan menghasilkan 36 model kursi, dengan ketentuan khusus yaitu bagian penyangga kursi hanya dapat digabung dengan menggunakan tabung.

Daftar Pustaka

- [1] Kusno, (2003), *Geometri Rancang Bangun Studi Hiperbola Parabola, dan Ellips*, Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.
- [2] Kusno, (2009), *Geometri Rancang Bangun Studi Tentang Desain dan Pemodelan Benda dengan Kurva dan Permukaan Berbantu Komputer*, Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

- [3] Kusno, (2019), Pipes Contruction Based on the Pipes's Centre Curve Shapes, *Jurnal Penelitian Matematika* 11(4), PP: 69-76.
- [4] Sulastri, (2007), Transformasi Bangun Ruang 3 Dimensi menggunakan Visual Basic 6.0, *Jurnal Teknologi Informasi Dinamik* 12(1), PP: 88-100.
- [5] Suryadi,D., (1986), *Teori dan Soal Ilmu Ukur Analitik Ruang*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- [6] Triadi,M.B.F., Bagus, J., dan Firdaus, U., (2000), Aplikasi Kurva Bezier pada Desain Botol Minuman. *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika* 20(1), PP: 1-8.
- [7] Wahana, N.P., Bagus, J., dan Firdaus,U., (2020), Modelisasi Handle Pintu dengan Penggabungan Kurva Bezier dan hasil Deformasi Tabung, *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika* 20(2), PP: 65-76.