MODELISASI KERANGKA JAM WEKER DENGAN PENGGABUNGAN BENDA GEOMETRI DAN KURVA BEZIER

SKRIPSI

Oleh

Dinar Aven Niaputri
NIM 141810101010

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018

MODELISASI KERANGKA JAM WEKER DENGAN PENGGABUNGAN BENDA GEOMETRI DAN KURVA BEZIER

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Matematika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Dinar Aven Niaputri
NIM 141810101010

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018

PERSEMBAHAN

Ida Sang Hyang Widhi Wasa dan segala manifestasi-NYA. Segala puji syukur kehadapan pemilik dan penguasa alam semesta ini, penulis persembahkan skripsi ini sebagai ungkapan kebahagiaan dan rasa terima kasih kepada:

1. Ibunda tercinta Sulastri, Ayahanda tercinta Ngadimun dan Adik tersayang Devada Nara yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materi, memberikan doa, dan kasih sayang serta pengorbanan yang luar biasa untuk saya.
2. Bapak Bagus Juliyanto, S.Si., M.Si dan Bapak Dr. Firdaus Ubaidillah S.Si., M.Si yang dengan sabar dan tulus ikhlas membimbing sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak dan Ibu guru yang telah memberikan saya ilmu pengetahuan dan membimbing dengan penuh kesabaran sejak TK hingga Perguruan Tinggi.
4. Almamater Tercinta jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember, SMAN 1 Purwoharjo, SMPN1 Purwoharjo, SDK Sang Timur Curahjati dan TKK Sang Timur Curahjati

MOTTO

“Pendidikan merupakan senjata paling ampuh yang bisa kamu gunakan untuk merubah dunia″

(Nelson Mandela)

“Agar sukses, kemauanmu untuk berhasil harus lebih besar dari ketakutanmu akan kegagalan”

(Bill Cosby)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dinar Aven Niaputri

NIM : 141810101010

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Modelisasi Kerangka Jam Weker Dengan Penggabungan Benda Geometri Dan Kurva Bezier” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan atau paksaan dari pihak man pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata ini tidak benar.

Jember, November 2018

Yang menyatakan,

Dinar Aven Niaputri

NIM 141810101010

SKRIPSI

MODELISASI KERANGKA JAM WEKER DENGAN PENGGABUNGAN BENDA GEOMETRI DAN KURVA BEZIER

Oleh

Dinar Aven Niaputri
NIM 141810101010

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bagus Juliyanto, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Angggota : Dr. Firdaus Ubaidillah, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Modelisasi Kerangka Jam Weker Dengan Penggabungan Benda Geometri Dan Kurva Bezier" telah diuji dan disahkan pada:

hari :

tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua,	Anggota I,
Bagus Juliyanto, S.Si, M.Si. NIP 19800702 200312 1 001	Dr. Firdaus Ubaidillah S.Si., M.Si. NIP 19700606 199803 1 003
Anggota II,	Anggota III,
Ika Hesti Agustin, S.Si., M.Si. NIP 19840801 200801 2 006	Ikhsanul Halikin, S.Pd., M.Si. NIP 19861014 201404 1 001

Mengesahkan

Dekan,

Drs.Sujito, Ph.D.
NIP 19610204 198711 1 001

RINGKASAN

Modelisasi Kerangka Jam Weker Dengan Penggabungan Benda Geometri Dan Kurva Bezier; Dinar Aven Niaputri; 141810101010; 2018; 84 Halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Jam weker merupakan alat pengukur waktu yang terbuat dari bahan plastik dan alumunium. Pada umumnya jam weker berfungsi untuk membangunkan orang yang sedang tidur. Secara umum komponen jam weker terdiri dari tiga bagian yaitu bagian kaki, bagian badan, dan bagian atas. Bentuk jam weker masih terbangun dari satu bentuk geometri ruang sehingga bentuknya masih monoton dan kurang bervariasi. Kedua, bentuk asesoris jam weker kurang menarik. 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 bezier. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan beragam bentuk desain jam weker yang bervariasi dari hasil penggabungan deformasi benda geometri ruang.

Modelisasi jam weker dibagi menjadi 3 tahapan. Pertama adalah mengkontruksi benda dasar geometri tabung, balok dan bola menggunakan metode yang ditentukan. Kedua adalah merangkai beberapa komponen tersebut menjadi satu kesatuan pada sumbu pemodelan. Ketiga adalah programasi komponen menggunakan *software* Maple18. Hasil penelitian ini mendapatkan beberapa prosedur untuk mendesain komponen-komponen jam weker. Pertama pada bagian kaki jam weker dilakukan prosedur sebagai berikut (a) deformasi balok menggunakan perubahan garis pada alas dan tutup dengan kurva bezier, (b) deformasi balok dengan berbagai macam pemotongan, (c) deformasi balok pergantian kurva garis menjadi kurva bezier pada tutup balok, (d) deformasi tabung pola segmentasi vertikal kasus satu bagian, (e) deformasi tabung pola segmentasi vertikal kasus dua bagian, (f) deformasi balok menggunakan

perubahan garis pada sisi tegak dengan kurva bezier. Pada bagian tengah dilakukan prosedur sebagai berikut, deformasi berupa tabung dan balok. Pada bagian atas dilakukan prosedur sebagai berikut, (a) deformasi bola dengan pemotongan, (b) beformasi balok menggunakan perubahan garis pada alas dan tutup dengan kurva bezier.

PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kehadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa, karena atas Asung Kertha Wara NugrahanNYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Modelisasi Kerangka Jam Weker Dengan Penggabungan Benda Geometri Dan Kurva Bezier". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bagus Juliyanto, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Firdaus Ubaidillah S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Ika Hesti Agustin, S.Si., M.Si. dan Ikhsanul Halikin, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran membangun demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu serta bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
4. Sahabat-sahabatku (Dita, Pandora, Ecky, dan Nada) yang telah memberikan dorongan secara spiritual untuk membantu menyelesaikan skripsi ini.
5. Seseorang spesial (Pandu) yang selalu ada untuk mendengarkan keluh kesah dan penyemangat selama penyelesaian skripsi ini.
6. Teman-teman seperjuangan GRB (Elsha, Fay, Nurika, Lisma, dan Edo) yang telah membantu dan memberikan semangat untuk penyelesaian skripsi ini;
7. Teman-teman angkatan 2014 (EXTREME), terimakasih atas kebersamaan selama waktu kuliah yang telah memberikan semangat dan motivasi;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, November 2018 Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL

Halaman

DAFTAR GAMBAR

Halaman

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jam weker merupakan alat pengukur waktu yang terbuat dari bahan plastik dan alumunium. Pada umumnya jam weker berfungsi untuk membangunkan orang yang sedang tidur, sehingga jam weker sering ditemui di samping tempat tidur. Jam weker dilengkapi dengan alarm (lonceng) yang bisa diatur sesuai keinginan pengguna. Saat jarum jam menunjukkan tepat pada waktu yang ditentukan, maka jam weker tersebut akan berbunyi.

Jam weker mempunyai tiga komponen yaitu bagian kaki, bagian badan, dan bagian atas (Gambar 1.1). Bagian kaki merupakan penyangga untuk jam weker, bagian badan merupakan bagian utama jam weker yang di dalamnya berisi angka dan jarum penunjuk waktu. Sedangkan bagian atas merupakan hiasan/asesoris pada jam weker. Beberapa model jam weker saat ini dapat dilihat pada Gambar1.2.

Gambar 1.1 Komponen Jam Weker

(Sumber : https://www.google.com/search?q=gambar+jam+weker)

Gambar 1.2 Beberapa Bentuk Model Jam Weker

Dari beberapa bentuk jam weker pada Gambar 1.2, terdapat beberapa kekurangan. Pertama, bentuk jam weker masih terbangun dari satu bentuk geometri ruang sehingga bentuknya masih monoton dan kurang bervariasi. Kedua, bentuk asesoris jam weker kurang menarik. Oleh karena itu perlu diberikan variasi dengan penggabungan beberapa benda geometri.

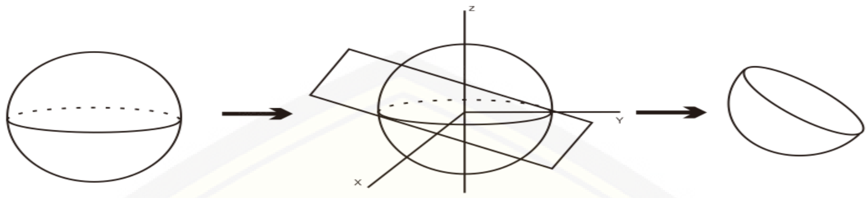
Budi Purwanto (2004) melakukan penelitian desain kotak dengan teknik penggabungan dari beberapa benda dasar geometri (tabung, bola, dan elips) dengan cara dilatasi. Namun penelitian tersebut perlu dikembangkan pada teknik konstruksi kotaknya agar tampilannya menarik. Fatkhurotin (2015) melakukan penelitian modelisasi botol parfum dengan penggabungan benda dasar hasil deformasi benda geometri ruang. Pada penelitian tersebut bangun geometri yang digunakan masih sederhana dan deformasi yang dilakukan hanya satu kali pemotongan saja sehingga variasi yang didapat kurang beragam.

Sehubung dengan kendala tersebut, pada penelitian ini akan memodelisasi bentuk jam weker yang menggunakan teknik deformasi dan kurva bezier dengan bangun geometri bola dan balok. Alasan memilih bentuk – bentuk geometri ruang tersebut agar bentuk jam weker bervariasi, unik, dan menarik.

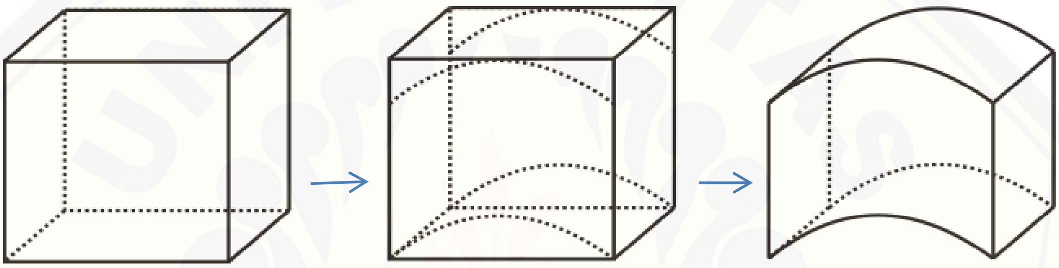
1.2 Rumusan Masalah

Dari beberapa kendala yang telah dijelaskan pada latar belakang, maka permasalahan modelisasi jam weker adalah:

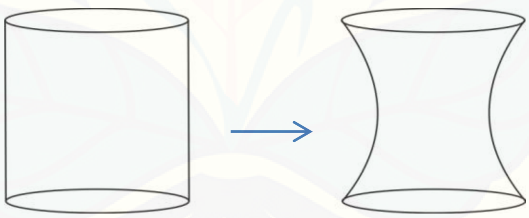
a. Diberikan benda geometri ruang bola, balok, tabung dan lingkaran Bagaimana membangun beberapa komponen benda dasar geometri penyusun jam weker dengan menggunakan teknik deformasi dan kurva bezier (Gambar 1.3, Gambar 1.4, Gambar 1.5 dan Gambar 1.6) agar menghasilkan bentuk komponen jam weker yang bervariasi.



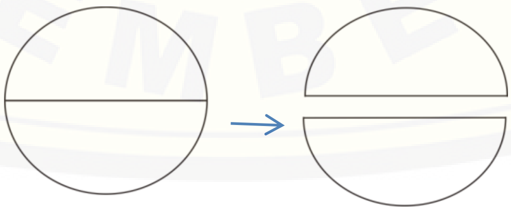
Gambar 1.3 Deformasi Bola



Gambar 1.4 Deformasi Balok

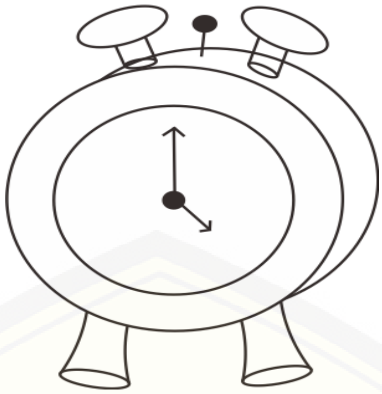


Gambar 1.5 Deformasi Tabung



Gambar 1.6 Deformasi Lingkaran

b. Bagaimana menggabungkan komponen jam weker (bagian kaki, bagian badan, dan bagian atas) agar dihasilkan model jam weker bervariasi (Gambar 1.7).



Gambar 1.7 Contoh Jam Weker

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

a. Mendapatkan prosedur membangun komponen-komponen jam weker melalui teknik deformasi dan kurva bezier.
b. Mendapatkan model asesoris yang bervariasi.
c. Mendapatkan prosedur penggabungan komponen-komponen jam weker.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini adalah :

a. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang teknik konstruksi jam weker melalui bantuan komputer.
b. Dapat digunakan sebagai informasi produsen tentang beberapa model jam weker dengan variasi baru.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Sehubungan dengan beberapa permasalahan yang telah dijelaskan pada bab 1 dan untuk keperluan mencari solusi permasalahan dalam pemodelan bentuk jam weker, pada bab ini disajikan beberapa teori dasar yang berkaitan dengan prosedur desain komponen jam weker. Adapun teori dasar tersebut meliputi kajian tentang penyajian segmen garis, penyajian kurva dan permukaan bezier, serta benda-benda dasar geometri ruang seperti balok, tabung, dan bola. Studi ini bertujuan untuk mempermudah dan membangun bentuk komponen-komponen jam weker.

2.1 Penyajian Segmen Garis, dan Lingkaran

2.1.1 Penyajian Segmen Garis

Menurut Kusno (2003), penyajian segmen garis AB dapat dinotasikan $\overline{AB}$ yaitu himpunan titik-titik dari garis yang memuat titik A, titik B, dan semua titik diantara titik A dan titik B. Misalkan diberikan dua buah titik berbeda dengan koordinat masing-masing $A(x_1,y_1,z_1)$ dan $B(x_2,y_2,z_2)$, maka segmen garis $\overline{AB}$ dapat didefinisikan sebagai tempat kedudukan titik-titik $P(x,y)$ sebagai berikut (Gambar 2.1)

$$\overrightarrow{OP} = t\,\overrightarrow{OB} + (1-t)\overrightarrow{OA} \tag{2.1}$$

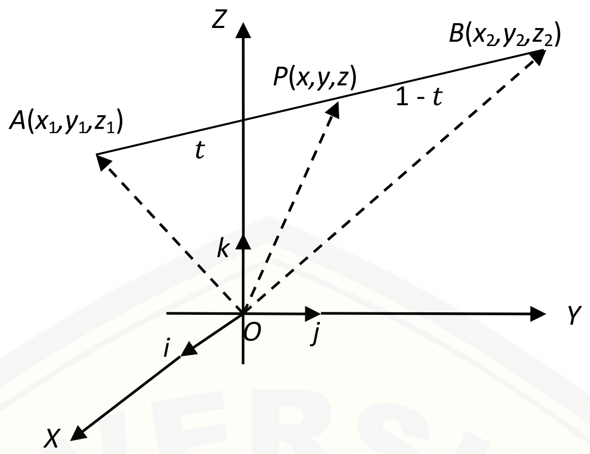
dengan $t \in [0,1]$ sebagai variabel parameter dan $P \in \overline{AB}$.

Bentuk persamaan parametrik segmen garis Persamaan (2.1) dapat dinyatakan sebagai:

$$\langle x,y,z\rangle = t\langle x_2,y_2,z_2\rangle + (1-t)\langle x_1,y_1,z_1\rangle, \tag{2.2}$$

atau

$$\begin{aligned} x &= (1-t)x_1 + tx_2, \\ y &= (1-t)y_1 + ty_2, \\ z &= (1-t)z_1 + tz_2, \end{aligned} \tag{2.3}$$



Gambar 2.1 Penyajian Segmen Garis di Ruang

2.1.2 Penyajian Lingkaran dan Bagiannya

Menurut Kusno (2002), lingkaran didefinisikan sebagai himpunan titik-titik di bidang yang berjarak sama dari suatu titik tetap. Titik tetap ini disebut pusat lingkaran dan jarak yang sama disebut jari-jari.

Misalkan diketahui sebarang titik $A(x,y)$ pada lingkaran yang berpusat di $O(0,0)$ (Gambar 2.2a), maka bentuk persamaan lingkarannya seperti berikut

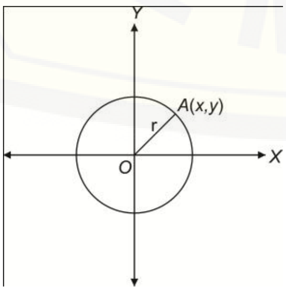
$$x^2 + y^2 = r^2 \tag{2.4}$$

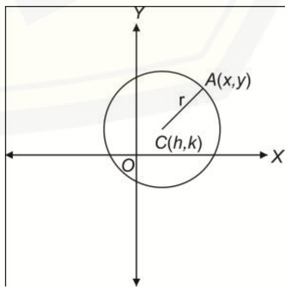
dengan r sebagai jari-jari lingkaran. Sedangkan lingkaran yang berpusat di $C(h,k)$ dan berjari-jari r (Gambar 2.2b) memiliki persamaan seperti berikut:

$$(x - h)^2 + (y - k)^2 = r^2 \tag{2.5}$$

Apabila Persamaan (2.5) dapat diuraikan seperti pada persamaan :

$$x^2 + y^2 - 2hx - 2ky + (h^2 + k^2 - r^2) = 0$$





(a) Lingkaran dengan Pusat $O(0,0)$ (b) Lingkaran dengan Pusat $C(h,k)$

Gambar 2.2 Penyajian Lingkaran

Jadi persamaan umum lingkaran dapat ditulis seperti berikut

$$x^2 + y^2 + Dx + Ey + F = 0$$

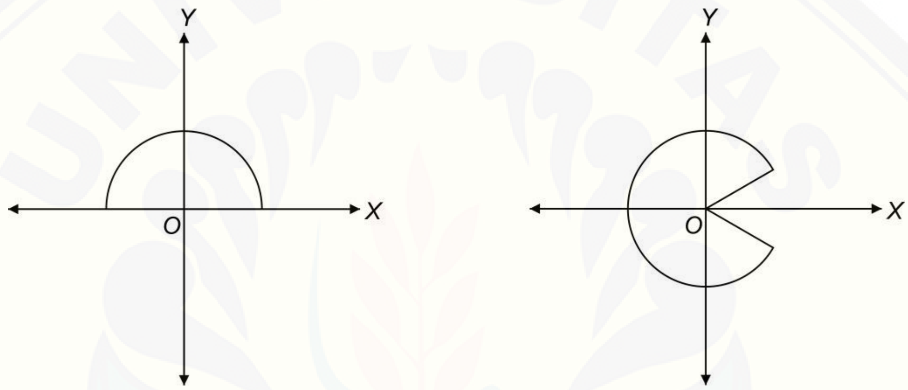
dengan $D = -2h$, $E = -2k$ dan $F = h^2 + k^2 - r^2$.

Selain itu persamaan lingkaran berpusat di $C(h,k)$ dapat dinyatakan dalam bentuk penyajian parametrik seperti berikut

$$\boldsymbol{L}(\theta) = \langle x_1 + r\cos\theta, y_1 + r\sin\theta \rangle \tag{2.6}$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$, dan r merupakan jari-jari lingkaran.

Apabila parameter θ pada Persamaan (2.6) diberikan nilai dalam interval $\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2$, maka diperoleh keratan lingkaran (Gambar 2.3).



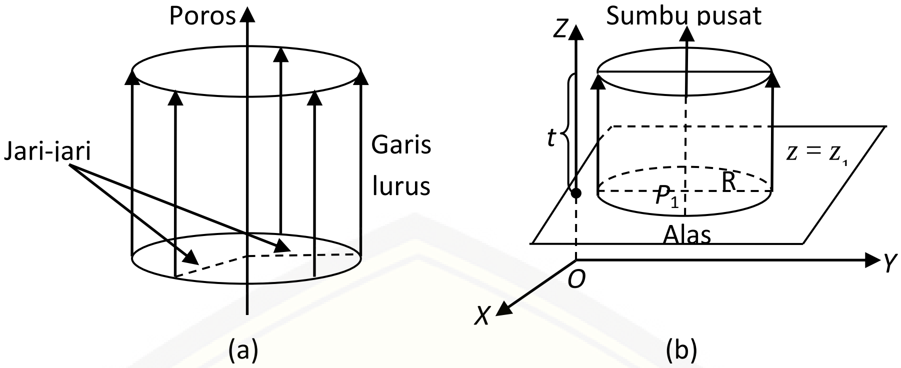
(a) Untuk $0 \leq \theta \leq \pi$ (b) Untuk $\frac{\pi}{6} \leq \theta \leq \frac{11\pi}{6}$

Gambar 2.3 Penyajian Keratan Lingkaran

2.2 Penyajian Tabung, Bola, dan Balok

2.2.1 Penyajian Tabung

Menurut Suryadi (1986), tabung dapat dibangun oleh garis lurus yang sejajar dengan garis lurus tertentu (poros) yang bergerak sejajar dengan jarak konstan. Tabung juga dapat diartikan sebagai benda ruang yang merupakan kedudukan garis-garis sejajar dan berjarak sama terhadap garis (poros) tertentu (Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Penyajian Tabung

Menurut Bastian (2011), jika diketahui tabung dengan pusat alas $P_1(x_1, y_1, z_1)$, jari-jari R, dan tinggi t, maka dapat dicari persamaan parametrik tabung sebagai berikut.

1) Jika alas terletak pada bidang $z = z_1$ dan sumbu pusat tabung sejajar sumbu Z, maka untuk mencari persamaan parametrik tabung dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Gambar 2.5a).

a. Tentukan persamaan parametrik lingkaran dengan pusat $P_1(x_1,y_1,z_1)$, jari-jari R, dan terletak pada bidang $z = z_1$, yaitu

$$\boldsymbol{L}(\theta) = \langle x_1 + R\cos\theta, y_1 + R\sin\theta, z_1\rangle \tag{2.7}$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan R bilangan real.

b. Translasikan lingkaran dari z_1 sampai $z_1 + t$ sehingga terbentuk persamaan parametrik tabung seperti pada persamaan berikut

$$\boldsymbol{ST}(\theta,z) = \langle x_1 + R\cos\theta, y_1 + R\sin\theta, z\rangle, \tag{2.8}$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $z_1 \leq z \leq z_1 + t$.

2) Jika alas terletak pada bidang $x = x_1$ dan sumbu pusat tabung sejajar sumbu X, maka untuk mencari persamaan parametrik tabung dapat dilakukan dengan mengulangi langkah a dan didapatkan persamaan (Gambar 2.5b)

$$\boldsymbol{T}(\theta,z) = \langle x, y_1 + R\sin\theta, z_1 + R\cos\theta\rangle, \tag{2.9}$$

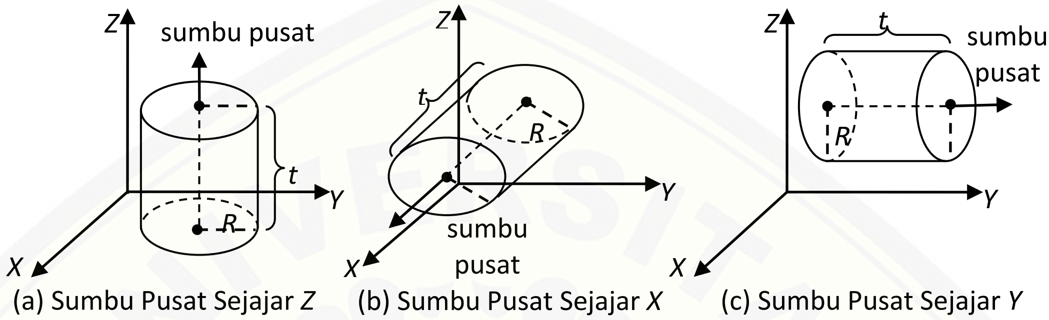
dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $x_1 \leq x \leq x_1 + t$.

3) Jika alas terletak pada bidang $y = y_1$ dan sumbu pusat tabung sejajar sumbu Y, maka untuk mencari persamaan parametrik tabung dapat dilakukan

dengan juga mengulangi langkah (a) dan didapatkan persamaan (Gambar 2.5c)

$$\boldsymbol{T}(\theta,z) = \langle x_1 + R\cos\theta, y, z_1 + R\sin\theta \rangle, \quad (2.10)$$

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



Gambar 2.5 Tabung dengan Beragam Sumbu Pusat

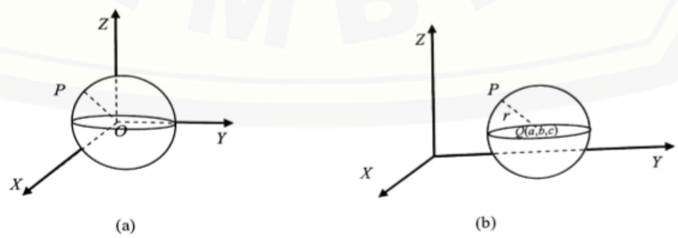
2.2.2 Penyajian Bola

Menurut Kusno (2003) surfas bola (permukaan bola) adalah himpunan titik-titik di ruang yang jaraknya terhadap titik tertentu (pusat bola) adalah konstan. Dari pengertian tersebut, jika $A(x, y, z)$ adalah sebarang titik pada bola yang berpusat pada $O(0,0,0)$, maka bentuk persamaan bola adalah:

$$|\overline{OA}| = r \text{ atau } x^2 + y^2 + z^2 = r^2$$

dengan jari-jari bola bernilai real (konstan) seperti pada Gambar 2.6a. Sedangkan jika pusatnya $B(a, b, c)$ seperti pada Gambar 2.6b, maka persamaan yang diperoleh berbentuk:

$$|\overline{AB}| = r \text{ atau } (x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2 = r^2$$



Gambar 2.6 Penyajian bola (a) pusat $O(0,0,0)$ (b) pusat $B(a, b, c)$

Berdasarkan sistem koordinat bola, dengan mengubah parameter-parameter pada sistem koordinat bola maka akan diperoleh persamaan parametrik bola yaitu:

$$B(\varphi,\theta) = \langle \rho\ \sin\varphi\cos\theta\,, \rho\sin\varphi\sin\theta\,, \rho\cos\theta\rangle \qquad (2.11)$$

dengan $0 \le \varphi \le 2\pi$, $0 \le \theta \le 2\pi, \varphi$ dan θ adalah parameter dan ρ adalah suatu konstanta real.

2.2.3 Penyajian Balok (Prisma Segiempat)

Balok (prisma segiempat) adalah suatu bangun ruang yang dibatasi oleh enam persegi panjang di mana setiap sisi persegi panjang berimpit dengan tepat satu persegi panjang yang lain dan membentuk sudut siku – siku. Persegi panjang yang sehadap adalah kongruen. Misalkan diketahui 4 buah titik $A(x_A, y_A, z_A), B(x_B, y_B, z_B), C(x_C, y_C, z_C)$ dan D(x_D, y_D, z_D) pada bidang XOY dengan vektor n_A $\langle 0,0,1\rangle$ (Gambar 2.7). Berdasarkan data tersebut dapat dikontruksikan balok dari langkah – langkah sebagai berikut.

a. Menentukan koordinat titik E,F,G dan H dapat dilakukan dengan cara seperti pada Persamaaan (2.10)

$$\overrightarrow{OP} = \langle x_A, y_A, z_A\rangle + \lambda\langle 0,0,1\rangle$$

$$\overrightarrow{OF} = \langle x_B, y_B, z_B\rangle + \lambda\langle 0,0,1\rangle$$

$$\overrightarrow{OG} = \langle x_C, y_C, z_C\rangle + \lambda\langle 0,0,1\rangle$$

$$\overrightarrow{OH} = \langle x_D, y_D, z_D\rangle + \lambda\langle 0,0,1\rangle \qquad (2.12)$$

dengan $\lambda \in R$

b. Dengan menggunakan Persamaan (2.1) bangun garis $\overline{EF}, \overline{FG}, \overline{GH}$ dan $\overline{HE}$ sebagai berikut :

$(1 - t)\ E\ (x_E, y_E, z_E) + tF\ (x_F, y_F, z_F) = P\ (x_{EF}, y_{EF}, z_{EF})$,

$(1 - t)\ F\ (x_F, y_F, z_F) + tG\ (x_G, y_G, z_G) = P\ (x_{FG}, y_{FG}, z_{FG})$,

$(1 - t)\ G\ (x_G, y_G, z_G) + tH\ (x_H, y_H, z_H) = P\ (x_{GH}, y_{GH}, z_{GH})$,

$(1 - t)\ H\ (x_H, y_H, z_H) + tE\ (x_E, y_E, z_E) = P\ (x_{HE}, y_{HE}, z_{HE})$, dengan $0 \leq t \leq 1$ sehingga didapatkan persegi panjang *EFGH*.

c. Interpolasi pasangan persegi panjang

$$\boldsymbol{S}_{ABCD(u,v)} = (1- v)\ \overline{AB}\ (u) + v\ \overline{CD}(u),$$

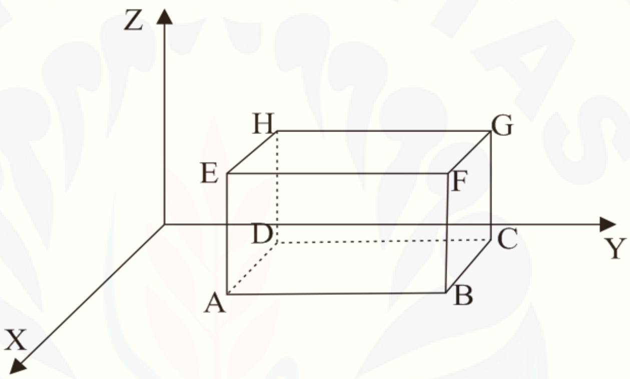
$$\boldsymbol{S}_{ABFE(u,v)} = (1- v)\ \overline{AB}\ (u) + v\ \overline{EF}(u),$$

$$\boldsymbol{S}_{DCGH(u,v)} = (1- v)\ \overline{AB}\ (u) + v\ \overline{HG}(u),$$

$$\boldsymbol{S}_{ADHE(u,v)} = (1- v)\ \overline{AB}\ (u) + v\ \overline{EH}(u),$$

$$\boldsymbol{S}_{BCGH(u,v)} = (1- v)\ \overline{AB}\ (u) + v\ \overline{FG}(u),$$

$$\boldsymbol{S}_{EFGH(u,v)} = (1- v)\ \overline{AB}\ (u) + v\ \overline{HG}(u), \qquad (2.13)$$



Gambar 2.7 Balok (Prisma Segiempat)

2.3 Interpolasi diantara Segmen Garis dan Kurva di Ruang

Misalkan terdapat dua segmen garis $\overline{AB}$ dan $\overline{CD}$ didefinisikan masing-masing oleh $A(x_1,y_1,z_1), B(x_2,y_2,z_2)$, $C(x_3,y_3,z_3)$ dan $D(x_4,y_4,z_4)$ dalam bentuk parametrik $\boldsymbol{l}_1(u)$ dan $\boldsymbol{l}_2(u)$, maka permukaan parametrik hasil interpolasi linier kedua segmen garis tersebut diformulasikan sebagai berikut:

$$\boldsymbol{S}(u,v) = (1-v)\boldsymbol{l}_1(u) + v\,\boldsymbol{l}_2(u), \qquad (2.14)$$

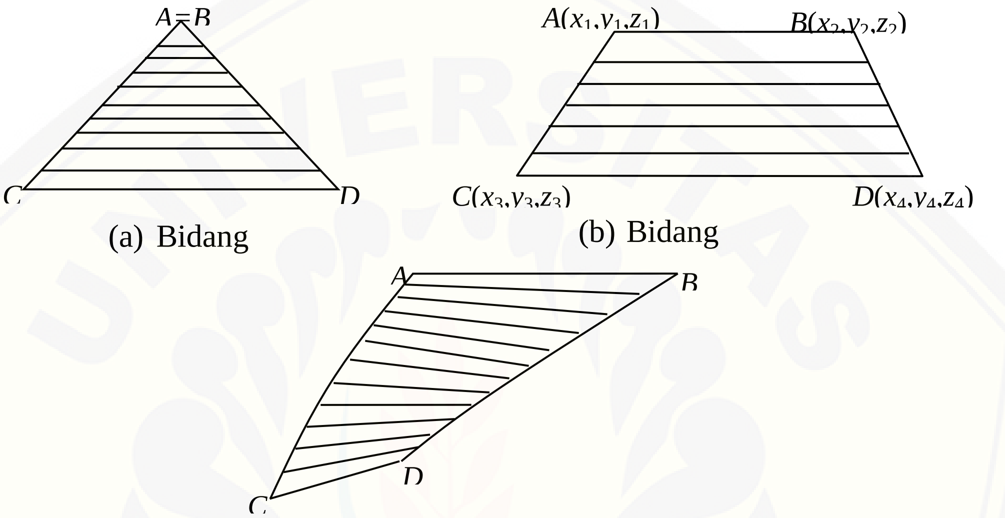
dengan $0 \leq u \leq 1$ dan $0 \leq v \leq 1$.

Terdapat beberapa kasus khusus untuk interpolasi linier kedua garis tersebut. Jika A=B maka hasil interpolasi persamaan (2.12) akan menghasilkan bidang segitiga (Gambar 2.8a). Sedangkan jika $\overline{AB} // \overline{CD}$ maka secara umum akan membentuk bidang segi empat (Gambar 2.8b). Jika bidang tersebut dibentuk dari interpolasi dua garis yang bersilangan maka menghasilkan permukaan tidak datar (dapat melengkung ataupun terjadi puntiran di sebagian permukaan tersebut) (Gambar 2.8c).

Di lain pihak kita dapat membangun permukaan lengkung hasil interpolasi kurva ruang melalui persamaan berikut:

$$\boldsymbol{S}(u,v) = (1-v)\boldsymbol{C}_1(u) + v\,\boldsymbol{C}_2(u)\,, \tag{2.15}$$

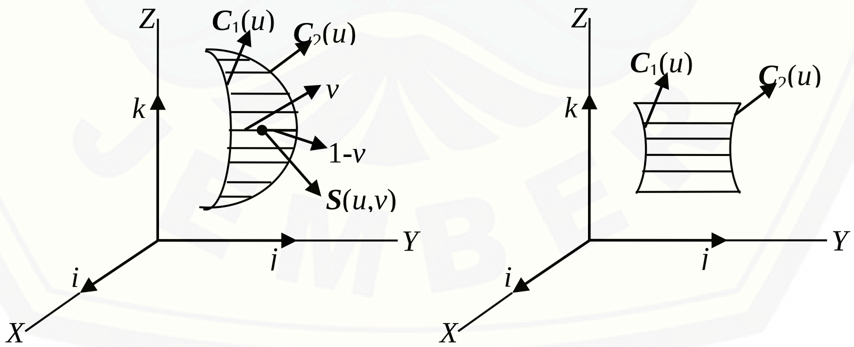
dengan $\boldsymbol{C}_1(u)$ dan $\boldsymbol{C}_2(u)$ merupakan kurva batas (Gambar 2.8).



(a) Bidang (b) Bidang

(c) Permukaan tidak datar

Gambar 2.8 Contoh kasus khusus interpolasi linier dua segmen garis



Gambar 2.9 Interpolasi linier pada kurva

2.4 Translasi Titik pada R^3

Translasi adalah perpindahan kedudukan sebarang titik dengan penambahan besaran pada arah sumbu X, Y dan Z (Budhi, 1995). Secara umum translasi dapat dinyatakan oleh persamaaan $Q = P + K$, dengan P adalah posisi titik awal, Q adalah posisi titik setelah ditranslasikan dan K adalah besarnya pergeseran ke arah sumbu X, Y dan Z. Persamaan translasi dalam bentuk koordinat kartesius dapat ditulis:

$$(X_q,\ Y_q, Z_q) = (X_p + X_k, Y_p + Y_k, Z_p + Z_k) \tag{2.16}$$

Dalam bentuk matriks, notasi diatas dapat dituliskan sebagai:

$$\begin{bmatrix} X_q \\ Y_q \\ Z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ Z_k \end{bmatrix} \tag{2.17}$$

Translasi bersifat mempertahankan bentuk dan ukuran obyek

2.5 Penyajian Kurva dan Permukaan Bezier

Kurva Bezier derajat-n C(u) dinyatakan dalam bentuk parametrik berikut:

$$\mathrm{C}(u) = \textstyle\sum_{i=0}^{n} \mathbf{P}_i \mathrm{B}_i^n(u),\ 0 \le u \le 1 \tag{2.18}$$

dengan:

$\mathrm{B}_i^n(u) \quad = \mathrm{C}_i^n(1 - u)^{n-i}u^i,$

$\mathrm{C}_i^n \qquad = \frac{n!}{i!(n-i)!}$,

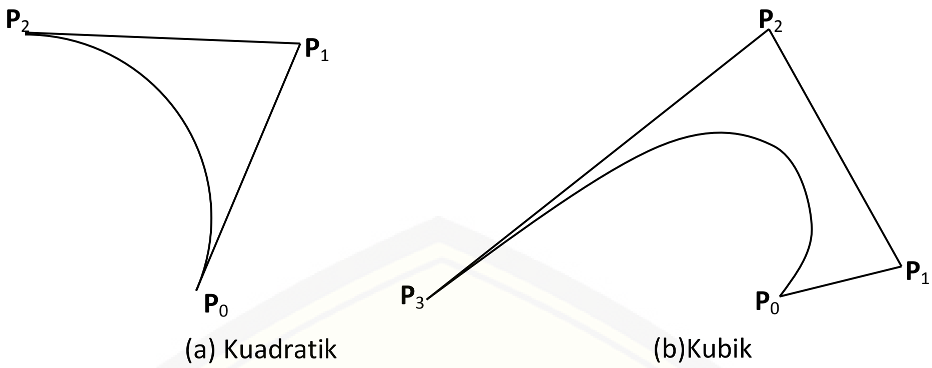
$\mathbf{P}_i$ = Koefisien geometri / titik kontrol kurva C(u).

Jika n = 2, akan dihasilkan kurva Bezier kuadratik dengan persamaan parametrik (Gambar 2.10a) :

$$\mathrm{C}(u) = (1 - u)^2\, \mathbf{P}_0 + 2(1 - u)(u)\, \mathbf{P}_1 + u^2\, \mathbf{P}_2 \tag{2.19}$$

sedangkan untuk n = 3 didapatkan empat titik kontrol yaitu $\mathbf{P}_0$, $\mathbf{P}_1$, $\mathbf{P}_2$, dan $\mathbf{P}_3$ sehingga persamaan parametrik kurva Bezier kubiknya adalah

$$\mathrm{C}(u) = (1 - u)^3\, \mathbf{P}_0 + 3(1 - u)^2(u)\, \mathbf{P}_1 + 3(1 - u)u^2\, \mathbf{P}_2 + u^3\, \mathbf{P}_3 \tag{2.20}$$



Gambar 2.10 Kurva Bezier

Permukaan Bezier pada prinsipnya identik dengan kurva Bezier. Permukaan Bezier S(u,v) derajat m dan n dinyatakan dalam bentuk parametrik berikut :

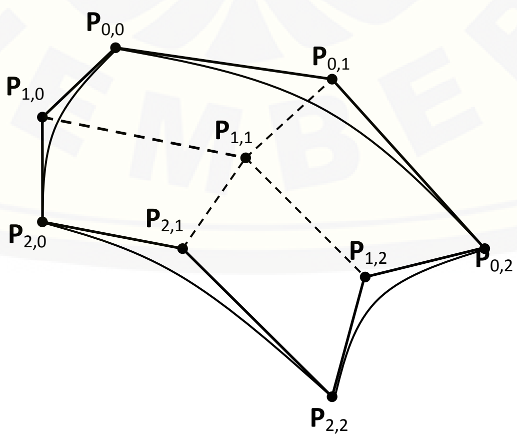
$$S(u,v) = \sum_{i,j=0}^{m,n} \mathbf{P}_{ij} B_i^m(u) B_j^n(v),\ 0 \leq u,v \leq 1 \qquad (2.21)$$

dengan:

$B_i^m(u) = \frac{m!}{i!(m-i)!}(1-u)^{m-1}u^i$,

$B_j^n(v) = \frac{n!}{j!(n-j)!}(1-v)^{n-1}v^j$,

$\mathbf{P}_{ij}$ = Koefisien geometri / titik kontrol permukaan **S**(u,v).

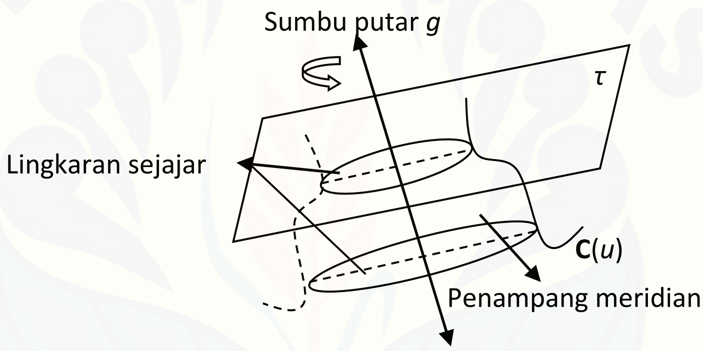


Gambar 2.11 Permukaan Bezier dengan m = 2 dan n = 2

2.6 Permukaan Putar

Menurut Kusno (2009), permukaan putar adalah suatu permukaan yang dibangkitkan oleh suatu kurva ruang **C**(u) (sebagai generatrik) diputar mengitari sebuah sumbu putar g yang disebut sebagai sumbu putar (Gambar 2.12).

Dalam membahas permukaan putar, terdapat beberapa istilah yang perlu diketahui. Pertama, bagian-bagian bidang penampang yang melalui sumbu putar dan dibatasi oleh permukaan putar, disebut dengan istilah penampang-penampang meridian. Semua penampang-penampang meridian adalah saling kongruen. Sedangkan lingkaran-lingkaran sejajar permukaan putar adalah perpotongan antara bidang-bidang sejajar yang tegak lurus sumbu putar dengan permukaan putar.



Gambar 2.12 Permukaan Putar

Misalkan $C_x(u)$, $C_y(u)$ dan $C_z(u)$ menyatakan komponen-komponen skalar dari kurva generatris **C**(u), maka permukaan putar yang dibangkitkan oleh kurva **C**(u) dapat diformulasikan sebagai berikut.

a. Jika kurva generatris **C**(u) pada bidang *YOZ* dan sumbu putar *OZ*, maka untuk mencari persamaan parametrik permukaan putar dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Gambar 2.13a).
   1. Tentukan persamaan parametrik kurva **C**(u), yaitu
   $$\mathbf{C}(u) = < C_x(u), C_y(u), C_z(u) >, \tag{2.22}$$
   dengan $0 \le u \le 1$.
   2. Putar kurva **C**(u) terhadap sumbu putar *OZ*, maka terbentuk sebuah permukaan putar dengan persamaan parametrik

$$\mathbf{S}(u,v) = \langle\, C_x(u)\cos v,\ C_y(u)\sin v,\ C_z(u)\,\rangle, \tag{2.23}$$

dengan $0 \le u \le 1$ dan $0 \le v \le 2\pi$.

b. Jika kurva generatris $\mathbf{C}(u)$ pada bidang XOY dan sumbu putar OY, maka untuk mencari persamaan parametrik permukaan putar dilakukan dengan mengulangi langkah a dan didapatkan persamaan (Gambar 2.13b)

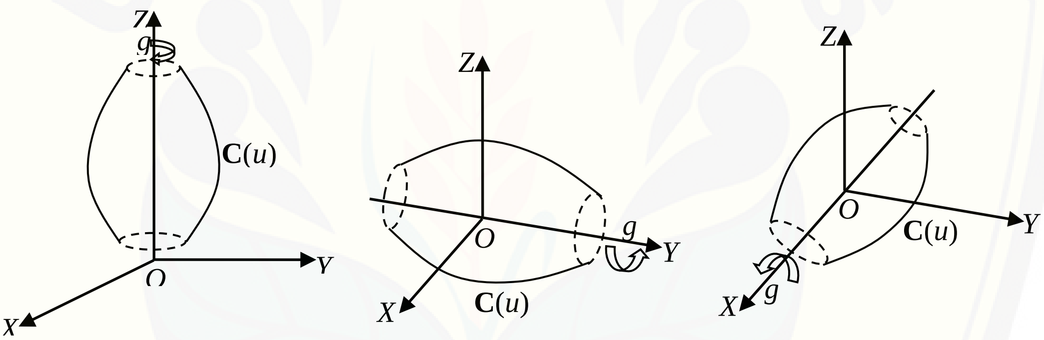
$$\mathbf{S}(u,v) = \langle\, C_x(u)\cos v,\ C_y(u),\ C_z(u)\sin v\,\rangle, \tag{2.24}$$

dengan $0 \le u \le 1$ dan $0 \le v \le 2\pi$.

c. Jika kurva generatris $\mathbf{C}(u)$ pada bidang XOY dan sumbu putar OX, maka untuk mencari persamaan parametrik permukaan putar dilakukan dengan mengulangi langkah a dan didapatkan persamaan (Gambar 2.13c)

$$\mathbf{S}(u,v) = \langle\, C_x(u),\ C_y(u)\cos v,\ C_z(u)\sin v\,\rangle, \tag{2.25}$$

dengan $0 \le u \le 1$ dan $0 \le v \le 2\pi$.



(a) sumbu putar OZ (b) sumbu putar OY (c) sumbu putar OX

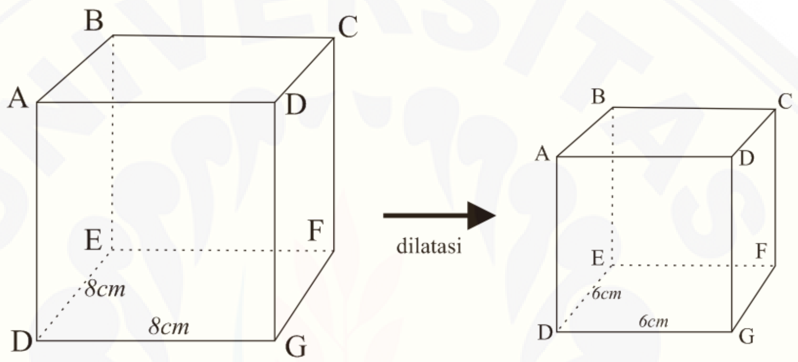
Gambar 2.13 Permukaan putar kurva $\mathbf{C}(u)$

2.7 Teknik Deformasi

Deformasi dalam konteks geometri adalah sebuah teknik mengkonstruksi benda dengan mengubah bentuk/ukuran benda. Deformasi terbagi menjadi dua jenis yaitu deformasi sebagian dan deformasi keseluruhan. Deformasi sebagian merupakan teknik deformasi yang digunakan untuk mengubah sebagian ukuran benda sehingga bentuk yang dihasilkan tetap sebangun dan masih seperti gambar sebelumnya, sedangkan deformasi keseluruhan adalah teknik deformasi yang digunakan untuk mengubah semua komponen benda dari segi bentuk maupun ukuran sehingga benda yang dihasilkan akan berbeda dari sebelumnya. Pada deformasi metode yang dapat digunakan ada berbagai macam, diantaranya metode transformasi dilatasi, interseksi (pemotongan), interpolasi dan pemutaran kurva serta berbagai macam metode lainnya. Berikut adalah gambaran dari jenis-jenis deformasi,

a. Deformasi Sebagian

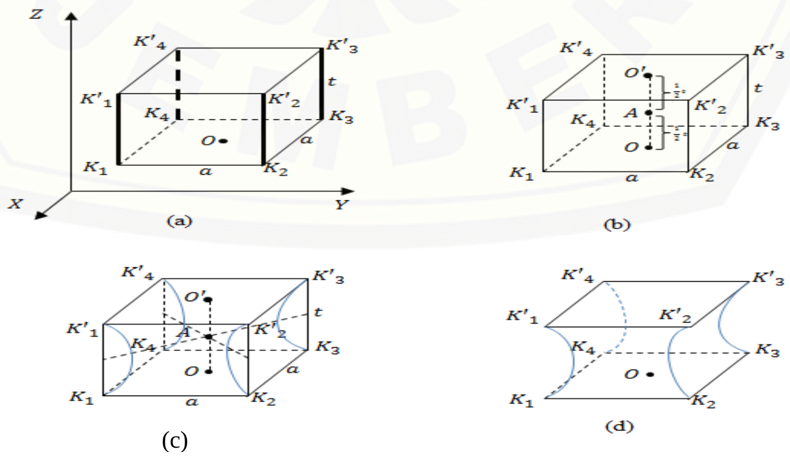
Pada contoh deformasi sebagian berikut, diberikan benda geometri dasar prisma segi empat dengan panjang sisi adalah 8cm kemudian dengan menggunakan metode transformasi dilatasi(penskalaan) diperkecil menjadi 6cm pada setiap sisi (Gambar 2.14).



Gambar 2.14 Deformasi Sebagian Metode Transformasi Dilatasi.

b. Deformasi Keseluruhan

Pada contoh deformasi keseluruhan berikut, diberikan benda dasar balok. Dengan langkah pertama menetapkan titik kontrol kemudian menginterpolasi masing – masing kurva batas sehingga membentuk bidang interpolasi (Gambar 2.15).



Gambar 2.15 Hasil Deformasi Keseluruhan

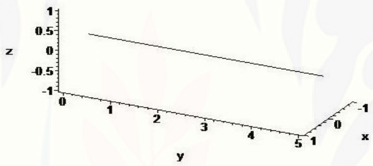
2.8 Konstruksi Objek pada Program Maple 18

Pada subbab ini disajikan beberapa contoh konstruksi obyek-obyek geometri dengan *software* Maple 18 untuk mengkonstruksi objek geometri.

a. Penyajian Segmen Garis

Untuk membuat segmen garis menggunakan maple, dapat menggunakan Persamaan (2.2) dengan memberikan nilai (x_1,y_1,z_1) dan (x_2,y_2,z_2) sebagai posisi titik ujung segmen garis di ruang. Misalkan akan dibuat suatu segmen garis *a* (Gambar 2.16) dengan titik-titik ujung *A*(0,0,0) dan *B*(0,5,0). Berikut ini merupakan *script* program Maple 18.

```
a:=spacecurve([(1-t)*0+t*0,(1-t)*0+t*5,(1-t)*0+t*0], t=0..1):
```

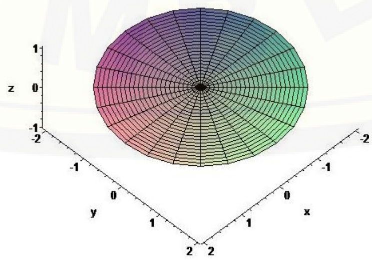


Gambar 2.16 Segmen Garis

b. Penyajian Bidang Lingkaran

Untuk membuat bidang lingkaran dapat menggunakan Persamaan (2.6) dengan memberikan nilai jari-jari dan titik pusatnya. Misalkan akan dibentuk lingkaran *l* (Gambar 2.17) dengan pusat di *A*(0,0,0) dan jari-jari sepanjang 2 satuan. Berikut ini contoh *scrip*-nya.

```
l:=plot3d([r*cos(t)+0,r*sin(t)+0,0],r=0..2, t=0..2*Pi):
```

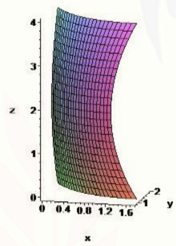


Gambar 2.17 Bidang Lingkaran

c. Penyajian Permukaan Bezier

Pada program Maple 18 untuk membangun permukaan Bezier misalnya permukaan Bezier *bb*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.18 dapat dituliskan contoh *script* program sebagai berikut.

```
bb:=plot3d([(1-v)^2*((1-t)^2*sqrt(3)+(2*(1-t))*t/sqrt(3) +t^2*0)+(2*(1-
v))*v*((1/2)*(1-t)^2*sqrt(3)+(1/6)*(2*(1-t))*t*sqrt(3)+t^2*0)+v^2*((1-
t)^2*sqrt(3)+(2*(1-t))*t/ sqrt(3)+t^2*0),(1-v)^2*((1-t)^2+(2*(1-
t))*t+2*t^2)+(2*(1-v))*v*((1/2)*(1-t)^2+(1/2)*(2*(1-t))*t+t^2)+v^2*((1-t)^2
+(2*(1-t))*t+2*t^2),(1-v)*((1-t)^2*0+(2*(1-t))*t*0+t^2*0) +(2*(1-v))*v*(2*(1-
t)^2+2*(2*(1-t))*t+2*t^2)+v^2*(4*(1-t)^2+4*(2*(1-t))*t+4*t^2)],t=0..1,v=0..1):
```

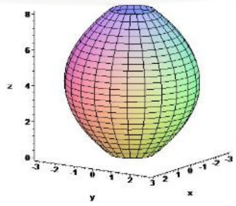


Gambar 2.18 Permukaan Bezier

d. Penyajian Permukaan Putar

Pada program Maple 18 untuk membangun permukaan putar misalnya permukaan putar kurva Bezier kuadratik *pp* yang bersumbu putar *OZ*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.19 dapat dituliskan contoh *script* program sebagai berikut.

```
pp:=plot3d([(((1-u)^2)*1+2*(1-u)*u*5+(u^2)*1)*cos(v),(((1-u)^2)*1+2*(1-
u)*u*5+(u^2)*1)*sin(v),((1-u)^2)*0+2*(1-u)*u*4+(u^2)*8],u=0..1,v=0..2*Pi):
```

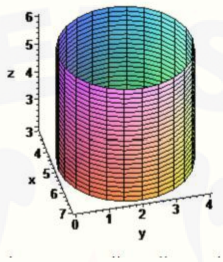


Gambar 2.19 Permukaan Putar Kurva Bezier Kuadratik

e. Penyajian Selimut Tabung

Untuk membuat tabung dapat menggunakan Persamaan (2.7) dengan memberikan nilai jari-jari dan tinggi tabung. Misalkan akan dibentuk tabung (Gambar 2.20) dengan jari-jari sepanjang 2 satuan dan tinggi 6 satuan. Berikut ini contoh scrip-nya:

e:=plot3d([2*cos(u)+5,2*sin(u)+2,2*v],u=0..2*Pi,v=1..3,scaling=constrained,labels=[x,y,z],axes=framed):



Gambar 2.20 Penyajian Selimut Tabung

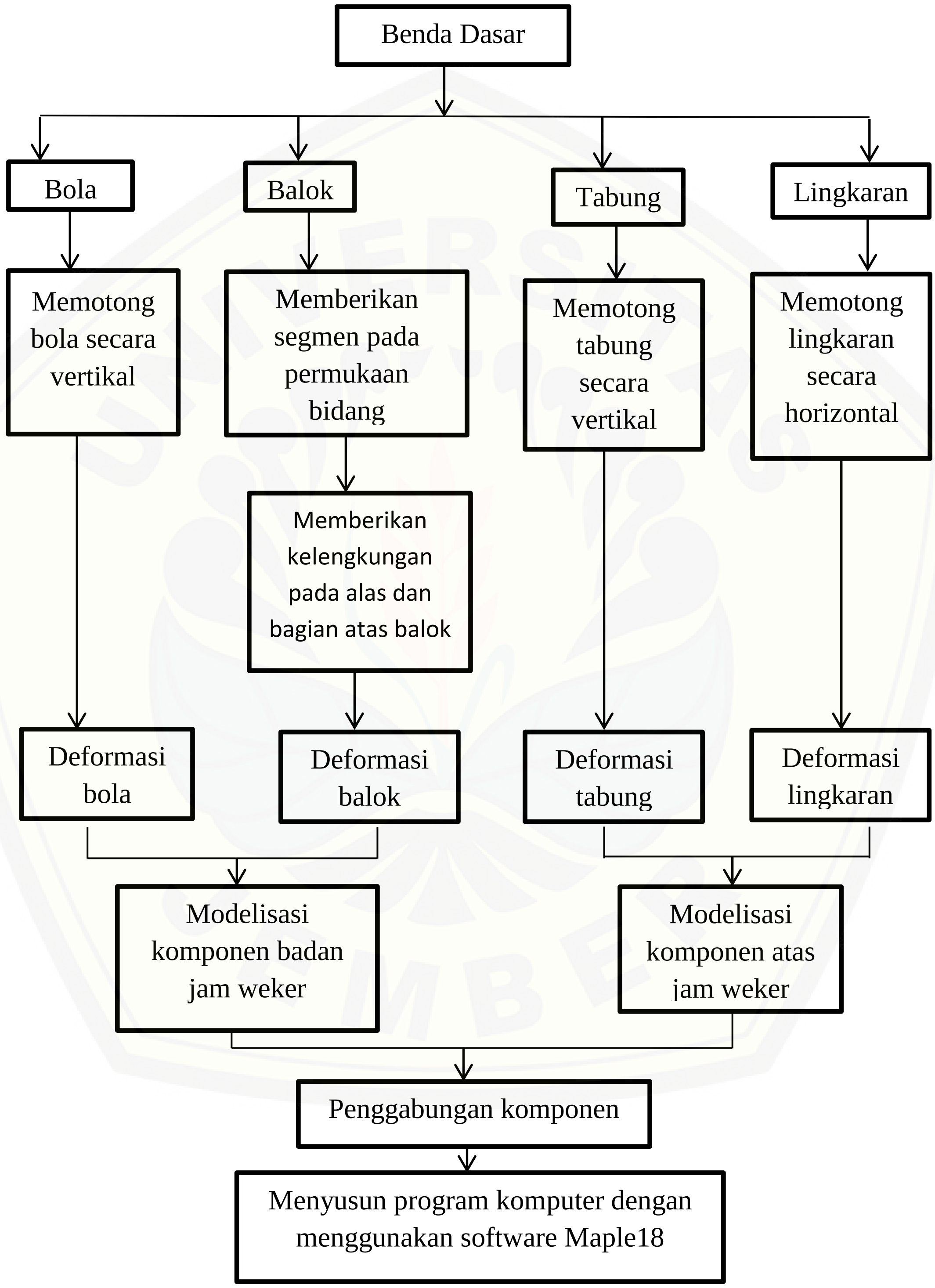
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah pada bab 1 dan hasil kajian tinjauan pustaka pada bab 2, untuk menyelesaikan permasalahan yang dimaksud maka diuraikan langkah-langkah penelitian sebagai berikut :

a. Menentukan data berupa bola dan balok dengan ketetapan sebagai berikut:
   1. Bola dengan titik pusat O(0,0,0) dan jari – jari *r*.
   2. Balok dengan panjang *p* satuan, lebar *l* satuan, dan tinggi *t*.
   3. Kurva yang digunakan adalah kurva bezier yang dimodifikasi.

b. Memodelkan data yang dipilih hingga menjadi bentuk komponen jam weker dengan langkah sebagai berikut :
   a. Modelisasi bagian badan jam weker
      1. Membuat desain badan jam weker dengan menggunakan benda dasar bola kemudian dideformasikan.
      2. Membuat desain badan jam weker dengan menggunakan benda balok kemudian dideformasikan.
   b. Modelisasi bentuk asesoris jam weker
      1. Membuat desain atas jam weker dengan menggunakan benda tabung yang dideformasi.
      2. Membuat desain atas jam weker dengan menggunakan benda lingkaran yang dideformasi.
   c. Penggabungan seluruh komponen jam weker
      1. Membangun sumbu pemodelan untuk merangkai benda hasil modelisasi badan jam weker dan bagian atas jam weker.
      2. Mengidentifikasi bentuk benda yang mempunyai bentuk dan ukuran sambungan yang sama sehingga dapat dilekatkan antara satu dengan yang lainya.
      3. Penggabungan secara kontinu.
   d. Penyusunan program dengan menggunakan software Maple 18

e. Untuk lebih jelasnya mengenai metode penelitian tersebut dapat dilihat pada skema (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Skema Metode Penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab 4, didapatkan bahwa untuk mendesain komponen jam weker perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

a. Untuk mendesain beragam bentuk benda dasar komponen jam weker dari benda tabung, balok, dan bola dapat dilakukan prosedur sebagai berikut. Pertama, menetapkan benda-benda yang akan menjadi bagian bawah, tengah, dan atas jam weker. Kedua, mendeformasi benda-benda tersebut dengan: (a) merubah titik kontrol untuk memperkecil atau memperbesar jari-jari atau ketinggian, (b) menetapkan titik pada benda lalu membangun bidang datar untuk pemotongan, dan (c) mengambil titik - titik sudut pada benda dan mengoperasikannya dengan kurva Bezier. Terakhir, menginterpolasikan kurva sehingga menghasilkan bentuk komponen dasar jam weker.

b. Merangkai komponen dasar jam weker hasil perlakuan (a) pada dua jenis model sumbu pemodelan sebagai berikut. Pertama, membagi sumbu menjadi beberapa segmen. Kedua, mengisi setiap segmen sumbu tersebut dengan benda dasar kompenen jam weker sehingga menghasilkan model komponen jam weker yang variatif.

5.2 Saran

Pada skripsi ini telah diperkenalkan prosedur modelisasi komponen jam weker dengan penggabungan hasil deformasi tabung, balok, dan bola, serta perangkaian komponen penyusun jam weker pada dua jenis sumbu pemodelan yaitu dua sumbu (vertikal dan horizontal) dan tiga sumbu (3 sumbu vertikal) untuk menghasilkan bentuk jam weker yang variatif. Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

a. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya metode ini dapat dikembangkan lagi menggunakan benda geometri lainnya seperti keratan kerucut dan prisma segi-n.

b. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya bisa memvariasi lagi bagian tengah menggunakan benda-benda geometri ruang yang dideformasi.

DAFTAR PUSTAKA

Bastian, A. 2011. *Desain Kap Lampu Duduk Melalui Penggabungan Benda-benda Geometri Ruang*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

Budi, P. 2004. *Konstruksi Kotak Penyimpanan Alat Tulis Kantor Dan Relief Kotak Perhiasan Dengan Penggabungan Benda-benda Dasar Geometri*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

Fatkhurotin. 2015. *Konstruksi Botol Parfum Melalui Penggabungan Benda Geometri Dasar Hasil Deformasi Prisma, Bola, dan Tabung*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

Kusno. 2002. *Geometri Rancang Bangun Studi Aljabar Vektor Garis, Lingkaran dan Ellips*. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember

Kusno. 2003. *Geometri Rancang Bangun Studi Hiperbola, Parabola, dan Ellips*. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

Kusno. 2009. *Geometri Rancang Bangun Studi Tentang Desain dan Pemodelan Benda dengan Kurva dan Permukaan Berbantu Komputer*. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

Suryadi, D. 1986. *Teori dan Soal Ilmu Ukur Analitik Ruang*. Jakarta: Ghalia Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran A. Modelisasi Komponen Bagian Bawah Jam Weker

A.1 Deformasi Balok menggunakan Perubahan Rusuk Alas Dan Tutup Menjadi Kurva Bezier Dua Lengkungan

SEGIEMPAT ALAS #START#

```
> xK1:=3:   yK1:=4:   zK1:=0:
> xK2:=-3:   yK2:=-4:   zK2:=1:
```

pusat(x,y,z)=(ppx,ppy,ppz)

```
> ppx:=0:
ppy:=4:
ppz:=0:
> k:=-(xK1-xK2)/4:

> tkbx:=(xK1+xK2)/2:
tkby:=(yK1+yK2)/2:
tkbz:=zK1:
tkaz:=zK2:
> tkb1x:=xK1-k:
tkb1y:=yK2+((yK1-yK2)*(1/4)):

> tkb2x:=xK1-k:
tkb2y:=yK2+((yK1-yK2)*(3/4)):

> tkb3x:=xK1-((xK1-xK2)*(1/4)):
tkb3y:=yK1-k:

> tkb4x:=xK1-((xK1-xK2)*(3/4)):
tkb4y:=yK1-k:

> tkb5x:=xK2+k:
tkb5y:=yK1-((yK1-yK2)*(1/4)):

> tkb6x:=xK2+k:
tkb6y:=yK1-((yK1-yK2)*(3/4)):

> tkb7x:=xK2+((xK1-xK2)*(1/4)):
tkb7y:=yK2+k:

> tkb8x:=xK2+((xK1-xK2)*(3/4)):
tkb8y:=yK2+k:
> x1:=xK1*(1-u)^2+tkb3x*2*(1-u)*u+((xK1+xK2)/2)*(u^2):
y1:=yK1*(1-u)^2+tkb3y*2*(1-u)*u+yK1*(u^2):
z1:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK1*(u^2):
> x2:=((xK1+xK2)/2)*(1-u)^2+tkb4x*2*(1-u)*u+(xK2)*(u^2):
y2:=yK1*(1-u)^2+tkb4y*2*(1-u)*u+yK1*(u^2):
z2:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK1*(u^2):
> x3:=xK1*(1-u)^2+tkb8x*2*(1-u)*u+((xK1+xK2)/2)*(u^2):
y3:=yK2*(1-u)^2+tkb8y*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z3:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK1*(u^2):
> x4:=((xK1+xK2)/2)*(1-u)^2+tkb7x*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y4:=yK2*(1-u)^2+tkb7y*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z4:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK1*(u^2):
> x5:=xK1*(1-u)^2+tkb2x*2*(1-u)*u+xK1*(u^2):
y5:=yK1*(1-u)^2+tkb2y*2*(1-u)*u+((yK1+yK2)/2)*(u^2):
z5:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK1*(u^2):
> x6:=xK1*(1-u)^2+tkb1x*2*(1-u)*u+xK1*(u^2):
```

```
y6:=((yK1+yK2)/2)*(1-u)^2+tkb1y*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z6:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK1*(u^2):
> x7:=xK2*(1-u)^2+tkb5x*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y7:=yK1*(1-u)^2+tkb5y*2*(1-u)*u+((yK1+yK2)/2)*(u^2):
z7:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK1*(u^2):
> x8:=xK2*(1-u)^2+tkb6x*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y8:=((yK1+yK2)/2)*(1-u)^2+tkb6y*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z8:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK1*(u^2):
> x9:=xK1*(1-u)^2+tkb3x*2*(1-u)*u+((xK1+xK2)/2)*(u^2):
y9:=yK1*(1-u)^2+tkb3y*2*(1-u)*u+yK1*(u^2):
z9:=zK2*(1-u)^2+tkaz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x10:=((xK1+xK2)/2)*(1-u)^2+tkb4x*2*(1-u)*u+(xK2)*(u^2):
y10:=yK1*(1-u)^2+tkb4y*2*(1-u)*u+yK1*(u^2):
z10:=zK2*(1-u)^2+tkaz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x11:=xK1*(1-u)^2+tkb8x*2*(1-u)*u+((xK1+xK2)/2)*(u^2):
y11:=yK2*(1-u)^2+tkb8y*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z11:=zK2*(1-u)^2+tkaz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x12:=((xK1+xK2)/2)*(1-u)^2+tkb7x*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y12:=yK2*(1-u)^2+tkb7y*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z12:=zK2*(1-u)^2+tkaz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x13:=xK1*(1-u)^2+tkb2x*2*(1-u)*u+xK1*(u^2):
y13:=yK1*(1-u)^2+tkb2y*2*(1-u)*u+((yK1+yK2)/2)*(u^2):
z13:=zK2*(1-u)^2+tkaz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x14:=xK1*(1-u)^2+tkb1x*2*(1-u)*u+xK1*(u^2):
y14:=((yK1+yK2)/2)*(1-u)^2+tkb1y*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z14:=zK2*(1-u)^2+tkaz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x15:=xK2*(1-u)^2+tkb5x*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y15:=yK1*(1-u)^2+tkb5y*2*(1-u)*u+((yK1+yK2)/2)*(u^2):
z15:=zK2*(1-u)^2+tkaz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x16:=xK2*(1-u)^2+tkb6x*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y16:=((yK1+yK2)/2)*(1-u)^2+tkb6y*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z16:=zK2*(1-u)^2+tkaz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
>
> a1:=plot3d([v*x1+(1-v)*(x9)+ppx,v*y1+(1-v)*y9+ppy,v*z1+(1-
v)*z9+ppz],u=0..1,v=0..1):
a2:=plot3d([v*x2+(1-v)*(x10)+ppx,v*y2+(1-v)*y10+ppy,v*z2+(1-
v)*z10+ppz],u=0..1,v=0..1):
a3:=plot3d([v*x3+(1-v)*(x11)+ppx,v*y3+(1-v)*y11+ppy,v*z3+(1-
v)*z11+ppz],u=0..1,v=0..1):
a4:=plot3d([v*x4+(1-v)*(x12)+ppx,v*y4+(1-v)*y12+ppy,v*z4+(1-
v)*z12+ppz],u=0..1,v=0..1):
> a5:=plot3d([v*x5+(1-v)*(x13)+ppx,v*y5+(1-v)*y13+ppy,v*z5+(1-
v)*z13+ppz],u=0..1,v=0..1):
a6:=plot3d([v*x6+(1-v)*(x14)+ppx,v*y6+(1-v)*y14+ppy,v*z6+(1-
v)*z14+ppz],u=0..1,v=0..1):
a7:=plot3d([v*x7+(1-v)*(x15)+ppx,v*y7+(1-v)*y15+ppy,v*z7+(1-
v)*z15+ppz],u=0..1,v=0..1):
a8:=plot3d([v*x8+(1-v)*(x16)+ppx,v*y8+(1-v)*y16+ppy,v*z8+(1-
v)*z16+ppz],u=0..1,v=0..1):
> s_tegak:=display(a1,a2,a3,a4,a5,a6,a7,a8):

> b1:=plot3d([v*x1+(1-v)*(-x3)+ppx,v*y1+(1-v)*y3+ppy,v*z1+(1-
v)*z3+ppz],u=0..1,v=0..1):
b2:=plot3d([v*x2+(1-v)*(-x4)+ppx,v*y2+(1-v)*y4+ppy,v*z2+(1-
v)*z4+ppz],u=0..1,v=0..1):
b3:=plot3d([v*x6+(1-v)*(x8)+ppx,v*y6+(1-v)*(-y8)+ppy,v*z6+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
b4:=plot3d([v*x5+(1-v)*(x7)+ppx,v*y5+(1-v)*(-y7)+ppy,v*z5+(1-
v)*z7+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_bawah:=display(b1,b2,b3,b4):
```

```
> c1:=plot3d([v*x9+(1-v)*(-x11)+ppx,v*y9+(1-v)*y11+ppy,v*z9+(1-
v)*z11+ppz],u=0..1,v=0..1):
c2:=plot3d([v*x10+(1-v)*(-x12)+ppx,v*y10+(1-v)*y12+ppy,v*z10+(1-
v)*z12+ppz],u=0..1,v=0..1):
c3:=plot3d([v*x14+(1-v)*(x16)+ppx,v*y14+(1-v)*(-y16)+ppy,v*z14+(1-
v)*z16+ppz],u=0..1,v=0..1):
c4:=plot3d([v*x13+(1-v)*(x15)+ppx,v*y13+(1-v)*(-y15)+ppy,v*z13+(1-
v)*z15+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_atas:=display(c1,c2,c3,c4):
persegi_alas1:=display(s_tegak,t_bawah,t_atas):
> display(persegi_alas1,color="LightBlue",labels=[x,y,z]);;
```

A.2 Deformasi Balok menggunakan Pemotongan dengan Bidang dan Perubahan Garis menjadi Kurva Bezier

Model tinggi kiri

```
> xK1:=1:  yK1:=1:  zK1:=0:
> xK2:=-1:  yK2:=-1:  zK2:=5:  zK3:=6:
pusat(x,y,z)=(ppx,ppy,ppz)
> ppx:=0:
ppy:=8:
ppz:=0:
>
> tkbx:=xK2:
tkby:=yK1:
tkay:=yK2:
tkbz:=zK2:
> x1:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y1:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z1:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x2:=xK1*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y2:=yK1*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+yK1*(u^2):
z2:=zK2*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK3*(u^2):
> x3:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y3:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z3:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x4:=xK1*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y4:=yK2*(1-u)^2+tkay*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z4:=zK2*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK3*(u^2):
> x5:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y5:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z5:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x6:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y6:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z6:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x7:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y7:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z7:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x8:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y8:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z8:=zK3*(1-u)+zK3*(u):
>
>
> a1:=plot3d([v*x1+(1-v)*x2+ppx,v*y1+(1-v)*y2+ppy,v*z1+(1-
v)*z2+ppz],u=0..1,v=0..1):
a2:=plot3d([v*x3+(1-v)*x4+ppx,v*y3+(1-v)*y4+ppy,v*z3+(1-
v)*z4+ppz],u=0..1,v=0..1):
```

```
a3:=plot3d([v*x5+(1-v)*x6+ppx,v*y5+(1-v)*y6+ppy,v*z5+(1-
v)*z6+ppz],u=0..1,v=0..1):
a4:=plot3d([v*x7+(1-v)*x8+ppx,v*y7+(1-v)*y8+ppy,v*z7+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> s_tegak:=display(a1,a2,a3,a4):

> b1:=plot3d([v*x1+(1-v)*(-x3)+ppx,v*y1+(1-v)*(y3)+ppy,v*z1+(1-
v)*(z3)+ppz],u=0..1,v=0..1):
b2:=plot3d([v*x5+(1-v)*x7+ppx,v*y5+(1-v)*(-y7)+ppy,v*z5+(1-
v)*z7+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_bawah:=display(b1,b2):

> c1:=plot3d([v*x2+(1-v)*(x4)+ppx,v*y2+(1-v)*(y4)+ppy,v*z2+(1-
v)*(z4)+ppz],u=0..1,v=0..1):
c2:=plot3d([v*x6+(1-v)*x8+ppx,v*y6+(1-v)*(-y8)+ppy,v*z6+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_atas:=display(c1):
persegi_alas1:=display(s_tegak,t_bawah,t_atas):
> display(persegi_alas1,labels=[x,y,z]);
```

Model tinggi kanan

```
> xK1:=1:  yK1:=1:  zK1:=0:
> xK2:=-1:  yK2:=-1:  zK2:=5: zK3:=6:
```

pusat(x,y,z)=(ppx,ppy,ppz)

```
> ppx:=0:
ppy:=8:
ppz:=0:
>
> tkbx:=xK1:
tkby:=yK1:
tkay:=yK2:
tkbz:=zK2:
> x1:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y1:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z1:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x2:=xK1*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y2:=yK1*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+yK1*(u^2):
z2:=zK3*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x3:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y3:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z3:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x4:=xK1*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y4:=yK2*(1-u)^2+tkay*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z4:=zK3*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x5:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y5:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z5:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x6:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y6:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z6:=zK3*(1-u)+zK3*(u):
> x7:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y7:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z7:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x8:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y8:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z8:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
>
>
```

```
> a1:=plot3d([v*x1+(1-v)*x2+ppx,v*y1+(1-v)*y2+ppy,v*z1+(1-
v)*z2+ppz],u=0..1,v=0..1):
a2:=plot3d([v*x3+(1-v)*x4+ppx,v*y3+(1-v)*y4+ppy,v*z3+(1-
v)*z4+ppz],u=0..1,v=0..1):
a3:=plot3d([v*x5+(1-v)*x6+ppx,v*y5+(1-v)*y6+ppy,v*z5+(1-
v)*z6+ppz],u=0..1,v=0..1):
a4:=plot3d([v*x7+(1-v)*x8+ppx,v*y7+(1-v)*y8+ppy,v*z7+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> s_tegak:=display(a1,a2,a3,a4):

> b1:=plot3d([v*x1+(1-v)*(-x3)+ppx,v*y1+(1-v)*(y3)+ppy,v*z1+(1-
v)*(z3)+ppz],u=0..1,v=0..1):
b2:=plot3d([v*x5+(1-v)*x7+ppx,v*y5+(1-v)*(-y7)+ppy,v*z5+(1-
v)*z7+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_bawah:=display(b1,b2):

> c1:=plot3d([v*x2+(1-v)*(x4)+ppx,v*y2+(1-v)*(y4)+ppy,v*z2+(1-
v)*(z4)+ppz],u=0..1,v=0..1):
c2:=plot3d([v*x6+(1-v)*x8+ppx,v*y6+(1-v)*(-y8)+ppy,v*z6+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_atas:=display(c1):
persegi_alas1:=display(s_tegak,t_bawah,t_atas):
> display(persegi_alas1,labels=[x,y,z]);
```

Model sama tinggi

```
> xK1:=1:  yK1:=1:  zK1:=0:
> xK2:=-1:  yK2:=-1:  zK2:=5: zK3:=5:
```

pusat(x,y,z)=(ppx,ppy,ppz)

```
> ppx:=0:
ppy:=8:
ppz:=0:
>
> tkbx:=0:
tkby:=yK1:
tkay:=yK2:
tkbz:=ppz+zK2-1:
> x1:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y1:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z1:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x2:=xK1*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y2:=yK1*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+yK1*(u^2):
z2:=zK3*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x3:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y3:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z3:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x4:=xK1*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y4:=yK2*(1-u)^2+tkay*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z4:=zK3*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x5:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y5:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z5:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x6:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y6:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z6:=zK3*(1-u)+zK3*(u):
> x7:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y7:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z7:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x8:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
```

```
y8:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z8:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
>
>
> a1:=plot3d([v*x1+(1-v)*x2+ppx,v*y1+(1-v)*y2+ppy,v*z1+(1-
v)*z2+ppz],u=0..1,v=0..1):
a2:=plot3d([v*x3+(1-v)*x4+ppx,v*y3+(1-v)*y4+ppy,v*z3+(1-
v)*z4+ppz],u=0..1,v=0..1):
a3:=plot3d([v*x5+(1-v)*x6+ppx,v*y5+(1-v)*y6+ppy,v*z5+(1-
v)*z6+ppz],u=0..1,v=0..1):
a4:=plot3d([v*x7+(1-v)*x8+ppx,v*y7+(1-v)*y8+ppy,v*z7+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> s_tegak:=display(a1,a2,a3,a4):

> b1:=plot3d([v*x1+(1-v)*(-x3)+ppx,v*y1+(1-v)*(y3)+ppy,v*z1+(1-
v)*(z3)+ppz],u=0..1,v=0..1):
b2:=plot3d([v*x5+(1-v)*x7+ppx,v*y5+(1-v)*(-y7)+ppy,v*z5+(1-
v)*z7+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_bawah:=display(b1,b2):

> c1:=plot3d([v*x2+(1-v)*(x4)+ppx,v*y2+(1-v)*(y4)+ppy,v*z2+(1-
v)*(z4)+ppz],u=0..1,v=0..1):
c2:=plot3d([v*x6+(1-v)*x8+ppx,v*y6+(1-v)*(-y8)+ppy,v*z6+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_atas:=display(c1):
persegi_alas1:=display(s_tegak,t_bawah,t_atas):
> display(persegi_alas1,labels=[x,y,z]);
```

A.3 Deformasi Tabung Kasus Satu Bagian

```
> r:=1:
t:=2:
ppx:=0:
ppy:=0:
ppz:=0:
> tx_awal:=r:
ty_awal:=r:
tz_awal:=t:
> tx_akhir:=r:
ty_akhir:=r:
tz_akhir:=0:
> tkbx:=(1/2)*r:
tkby:=(1/2)*r:
tkbz:=(1/2)*t:
> x1:=tx_awal*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+tx_akhir*(u^2):
y1:=ty_awal*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+ty_akhir*(u^2):
z1:=tz_awal*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+tz_akhir*(u^2):
>
bezier_awal:=plot3d([x1*cos(v)+ppx,y1*sin(v)+ppy,z1+ppz],u=0..1,v=0..2*Pi
):
> display(bezier_awal,color="Blue",lightmodel="light4");
```

A.4 Deformasi Tabung Kasus Dua Bagian

```
> r:=1:
t:=2:
ppx:=0:
```

```
ppy:=0:
ppz:=0:
> tx_awal:=r:
ty_awal:=r:
tz_awal:=t:
> tx_akhir:=r:
ty_akhir:=r:
tz_akhir:=0:
> tkbx:=(3/2)*r:
tkby:=(3/2)*r:
tkbz:=(1/2)*t:
> x1:=tx_awal*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+tx_akhir*(u^2):
y1:=ty_awal*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+ty_akhir*(u^2):
z1:=tz_awal*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+tz_akhir*(u^2):
>
bezier_awal1:=plot3d([x1*cos(v)+ppx,y1*sin(v)+ppy,z1+ppz],u=0..1,v=0..2*P
i,color="Blue"):
>
> r:=1:
t:=2:
ppx:=0:
ppy:=0:
ppz:=2:
> tx_awal:=r:
ty_awal:=r:
tz_awal:=t:
> tx_akhir:=r:
ty_akhir:=r:
tz_akhir:=0:
> tkbx:=(1/2)*r:
tkby:=(1/2)*r:
tkbz:=(1/2)*t:
> x1:=tx_awal*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+tx_akhir*(u^2):
y1:=ty_awal*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+ty_akhir*(u^2):
z1:=tz_awal*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+tz_akhir*(u^2):
>
bezier_awal2:=plot3d([x1*cos(v)+ppx,y1*sin(v)+ppy,z1+ppz],u=0..1,v=0..2*P
i,color="DeepBlue"):
>
> display(bezier_awal1,bezier_awal2,lightmodel="light4");
```

A.5 Deformasi Balok dengan Perubahan Rusuk Tegak menjadi Kurva Bezier

```
> xK1:=1/2:  yK1:=1/2:  zK1:=0:
> xK2:=-1/2:  yK2:=-1/2:  zK2:=6:
```

pusat(x,y,z)=(ppx,ppy,ppz)

```
> ppx:=0:
ppy:=0:
ppz:=1:
>
> tkbx:=ppx:
tkby:=ppy:
tkbz:=(zK2-zK1)/2:
> x1:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y1:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z1:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x2:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y2:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z2:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
```

```
> x3:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y3:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z3:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x4:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y4:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z4:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x5:=xK2*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y5:=yK2*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z5:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x6:=xK1*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK1*(u^2):
y6:=yK2*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z6:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x7:=xK1*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK1*(u^2):
y7:=yK1*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+yK1*(u^2):
z7:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x8:=xK2*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y8:=yK1*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+yK1*(u^2):
z8:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
>
>
> a1:=plot3d([v*x5+(1-v)*x6+ppx,v*y5+(1-v)*y6+ppy,v*z5+(1-
v)*z6+ppz],u=0..1,v=0..1):
a2:=plot3d([v*x6+(1-v)*x7+ppx,v*y6+(1-v)*y7+ppy,v*z6+(1-
v)*z7+ppz],u=0..1,v=0..1):
a3:=plot3d([v*x7+(1-v)*x8+ppx,v*y7+(1-v)*y8+ppy,v*z7+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
a4:=plot3d([v*x8+(1-v)*x5+ppx,v*y8+(1-v)*y5+ppy,v*z8+(1-
v)*z5+ppz],u=0..1,v=0..1):
> s_tegak:=display(a1,a2,a3,a4):

> b1:=plot3d([v*x1+(1-v)*x3+ppx,v*y1+(1-v)*(y3)+ppy,v*z1+(1-
v)*z3+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_bawah:=display(b1):

> c1:=plot3d([v*x2+(1-v)*(x4)+ppx,v*y2+(1-v)*(y4)+ppy,v*z2+(1-
v)*(z4)+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_atas:=display(c1):
persegi_tengah1:=display(s_tegak,t_bawah,t_atas):
```

PERSEGI TENGAH(persegi_tengah1) #END#

B.1 Tabung

```
> ppx:=-1:
ppy:=6.5:
ppz:=7:
r:=0.5:
t:=2:
>
tabung_tengah:=plot3d([v,r*cos(u)+ppy,r*sin(u)+ppz],u=0..2*Pi,v=(ppx)..(p
px+t)):
>
lingkaran_tengah1:=plot3d([ppx,v*cos(u)+ppy,v*sin(u)+ppz],u=0..2*Pi,v=0..
r):
> lingkaran_tengah2:=plot3d([-
ppx,v*cos(u)+ppy,v*sin(u)+ppz],u=0..2*Pi,v=0..r):
> jam_tengah4:=display(tabung_tengah,lingkaran_tengah1,lingkaran_tengah2):
```

B.2 Balok

```
> sh1:=implicitplot3d(z=1+1/sqrt(8), x=-1..1, y=1.5+1/sqrt(8)..6.5-
1/sqrt(8), z=1..3):
sh2:=implicitplot3d(z=7-1/sqrt(8), x=-1..1, y=1.5+1/sqrt(8)..6.5-
1/sqrt(8), z=7-1/sqrt(8)..7-(1/sqrt(8))+0.01):
sh3:=implicitplot3d(y=1.5+(1/sqrt(8)), x=-1..1, y=1.5..3,
z=1+1/sqrt(8)..7-1/sqrt(8)):
sh4:=implicitplot3d(y=6.5-1/sqrt(8), x=-1..1, y=6.5-1/sqrt(8)..6.5-
(1/sqrt(8))+0.01, z=1+1/sqrt(8)..7-1/sqrt(8)):
sh5:=implicitplot3d(x=1, x=1..1.01, y=1.5+1/sqrt(8)..6.5-1/sqrt(8),
z=1+1/sqrt(8)..7-1/sqrt(8)):
sh6:=implicitplot3d(x=-1, x=-1..-0.99, y=1.5+1/sqrt(8)..6.5-1/sqrt(8),
z=1+1/sqrt(8)..7-1/sqrt(8)):
alas_horizontal:=display(sh1,sh2,sh3,sh4,sh5,sh6):
```

C.1 Deformasi Bola

```
> ppx:=0:
ppy:=0:
ppz:=5/2:
r:=1/2:
> bola_tengah1:=implicitplot3d(((x-ppx)^2)/(r^2)+((y-ppy)^2)/(r^2)+((z-
(ppz))^2)/(r^2)=1,x=(ppx-r)..(ppx+r),y=(ppy-r)..(ppy+r),z=(ppz-
r)..(ppz+0)):
```

C.2 Deformasi Balok menggunakan Perubahan Rusuk Alas Dan Tutup Menjadi Kurva Bezier Satu Lengkungan

```
> xK1:=1:  yK1:=3:  zK1:=0:
> xK2:=-1:  yK2:=-3:  zK2:=1:
pusat(x,y,z)=(ppx,ppy,ppz)
> ppx:=0:
ppy:=7:
ppz:=8:
>
> tkbx:=(xK1+xK2)/2:
tkby:=(yK1+yK2)/2:
tkbx2:=xK2-1:cembung kiri
tkby2:=yK2-1:
tkbx3:=xK1+1:cembung kanan
tkby3:=yK1+1:
tkbz:=zK1:
tkaz:=zK2:
> x1:=xK1*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y1:=yK1*(1-u)^2+tkby3*2*(1-u)*u+yK1*(u^2):
z1:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK1*(u^2):
> x2:=xK1*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y2:=yK1*(1-u)^2+tkby3*2*(1-u)*u+yK1*(u^2):
z2:=zK2*(1-u)^2+tkaz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x3:=xK1*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y3:=yK2*(1-u)^2+tkby2*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z3:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK1*(u^2):
> x4:=xK1*(1-u)^2+tkbx*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y4:=yK2*(1-u)^2+tkby2*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z4:=zK2*(1-u)^2+tkaz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x5:=xK1*(1-u)^2+tkbx3*2*(1-u)*u+xK1*(u^2):
```

```
y5:=yK1*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z5:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK1*(u^2):
> x6:=xK1*(1-u)^2+tkbx3*2*(1-u)*u+xK1*(u^2):
y6:=yK1*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z6:=zK2*(1-u)^2+tkaz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
> x7:=xK2*(1-u)^2+tkbx2*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y7:=yK1*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z7:=zK1*(1-u)^2+tkbz*2*(1-u)*u+zK1*(u^2):
> x8:=xK2*(1-u)^2+tkbx2*2*(1-u)*u+xK2*(u^2):
y8:=yK1*(1-u)^2+tkby*2*(1-u)*u+yK2*(u^2):
z8:=zK2*(1-u)^2+tkaz*2*(1-u)*u+zK2*(u^2):
>
>
> a1:=plot3d([v*x1+(1-v)*x2+ppx,v*y1+(1-v)*y2+ppy,v*z1+(1-
v)*z2+ppz],u=0..1,v=0..1):
a2:=plot3d([v*x3+(1-v)*x4+ppx,v*y3+(1-v)*y4+ppy,v*z3+(1-
v)*z4+ppz],u=0..1,v=0..1):
a3:=plot3d([v*x5+(1-v)*x6+ppx,v*y5+(1-v)*y6+ppy,v*z5+(1-
v)*z6+ppz],u=0..1,v=0..1):
a4:=plot3d([v*x7+(1-v)*x8+ppx,v*y7+(1-v)*y8+ppy,v*z7+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> s_tegak:=display(a1,a2,a3,a4):

> b1:=plot3d([v*x1+(1-v)*(-x3)+ppx,v*y1+(1-v)*(y3)+ppy,v*z1+(1-
v)*(z3)+ppz],u=0..1,v=0..1):
b2:=plot3d([v*x5+(1-v)*x7+ppx,v*y5+(1-v)*(-y7)+ppy,v*z5+(1-
v)*z7+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_bawah:=display(b1,b2):

> c1:=plot3d([v*x2+(1-v)*(-x4)+ppx,v*y2+(1-v)*(y4)+ppy,v*z2+(1-
v)*(z4)+ppz],u=0..1,v=0..1):
c2:=plot3d([v*x6+(1-v)*x8+ppx,v*y6+(1-v)*(-y8)+ppy,v*z6+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_atas:=display(c1,c2):
persegi_alas1:=display(s_tegak,t_bawah,t_atas):
```

D.1 Model Komponen Jarum Jam Sejajar Sumbu-x

```
> ppx:=0:
ppy:=0:
ppz:=0:
r:=1/2:
t:=1/2:
>
tabung_tengah:=plot3d([r*cos(u)+ppx,v,r*sin(u)+ppz],u=0..2*Pi,v=(ppy)..(p
py+t)):
>
lingkaran_tengah1:=plot3d([v*cos(u)+ppx,ppy,v*sin(u)+ppz],u=0..2*Pi,v=0..
r):
>
lingkaran_tengah2:=plot3d([v*cos(u)+ppx,ppy+t,v*sin(u)+ppz],u=0..2*Pi,v=0
..r):
>
tabung_jarum1:=display(tabung_tengah,lingkaran_tengah1,lingkaran_tengah2)
:
>
> ppx1:=ppx:
ppy1:=ppy:
ppz1:=ppz:
```

```
> xK1:=1/4:  yK1:=1/4:  zK1:=0:
> xK2:=-1/4:  yK2:=-1/4:  zK2:=2:
```
pusat(x,y,z)=(ppx,ppy,ppz)
```
> ppx:=ppx1+0:
ppy:=ppy1+1/4:
ppz:=ppz1+1/2:
>
> x1:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y1:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z1:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x2:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y2:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z2:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x3:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y3:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z3:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x4:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y4:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z4:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x5:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y5:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z5:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x6:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y6:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z6:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x7:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y7:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z7:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x8:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y8:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z8:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
>
>
> a1:=plot3d([v*x1+(1-v)*x2+ppx,v*y1+(1-v)*y2+ppy,v*z1+(1-
v)*z2+ppz],u=0..1,v=0..1):
a2:=plot3d([v*x3+(1-v)*x4+ppx,v*y3+(1-v)*y4+ppy,v*z3+(1-
v)*z4+ppz],u=0..1,v=0..1):
a3:=plot3d([v*x5+(1-v)*x6+ppx,v*y5+(1-v)*y6+ppy,v*z5+(1-
v)*z6+ppz],u=0..1,v=0..1):
a4:=plot3d([v*x7+(1-v)*x8+ppx,v*y7+(1-v)*y8+ppy,v*z7+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> s_tegak:=display(a1,a2,a3,a4):

> b1:=plot3d([v*x1+(1-v)*(-x3)+ppx,v*y1+(1-v)*(y3)+ppy,v*z1+(1-
v)*(z3)+ppz],u=0..1,v=0..1):
b2:=plot3d([v*x5+(1-v)*x7+ppx,v*y5+(1-v)*(-y7)+ppy,v*z5+(1-
v)*z7+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_bawah:=display(b1,b2):

> c1:=plot3d([v*x2+(1-v)*(x4)+ppx,v*y2+(1-v)*(y4)+ppy,v*z2+(1-
v)*(z4)+ppz],u=0..1,v=0..1):
c2:=plot3d([v*x6+(1-v)*x8+ppx,v*y6+(1-v)*(-y8)+ppy,v*z6+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_atas:=display(c1):
persegi_jarum1:=display(s_tegak,t_bawah,t_atas):
>
> xK1:=1/2:  yK1:=1/4:  zK1:=0:
> xK2:=-1/2:  yK2:=-1/4:  zK2:=1/2:
```
pusat(x,y,z)=(ppx,ppy,ppz)
```
> ppx:=ppx1+1:
```

```
ppy:=ppy1+1/4:
ppz:=ppz1+(-1/4):
>
> x1:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y1:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z1:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x2:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y2:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z2:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x3:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y3:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z3:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x4:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y4:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z4:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x5:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y5:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z5:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x6:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y6:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z6:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x7:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y7:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z7:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x8:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y8:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z8:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
>
>
> a1:=plot3d([v*x1+(1-v)*x2+ppx,v*y1+(1-v)*y2+ppy,v*z1+(1-
v)*z2+ppz],u=0..1,v=0..1):
a2:=plot3d([v*x3+(1-v)*x4+ppx,v*y3+(1-v)*y4+ppy,v*z3+(1-
v)*z4+ppz],u=0..1,v=0..1):
a3:=plot3d([v*x5+(1-v)*x6+ppx,v*y5+(1-v)*y6+ppy,v*z5+(1-
v)*z6+ppz],u=0..1,v=0..1):
a4:=plot3d([v*x7+(1-v)*x8+ppx,v*y7+(1-v)*y8+ppy,v*z7+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> s_tegak:=display(a1,a2,a3,a4):

> b1:=plot3d([v*x1+(1-v)*(-x3)+ppx,v*y1+(1-v)*(y3)+ppy,v*z1+(1-
v)*(z3)+ppz],u=0..1,v=0..1):
b2:=plot3d([v*x5+(1-v)*x7+ppx,v*y5+(1-v)*(-y7)+ppy,v*z5+(1-
v)*z7+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_bawah:=display(b1,b2):

> c1:=plot3d([v*x2+(1-v)*(x4)+ppx,v*y2+(1-v)*(y4)+ppy,v*z2+(1-
v)*(z4)+ppz],u=0..1,v=0..1):
c2:=plot3d([v*x6+(1-v)*x8+ppx,v*y6+(1-v)*(-y8)+ppy,v*z6+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_atas:=display(c1):
persegi_jarum2:=display(s_tegak,t_bawah,t_atas):
>
>
jarumjam:=display(tabung_jarum1,persegi_jarum1,persegi_jarum2,labels=[x,y
,z],color="LightBlue",lightmodel="light4"):
```

D.2 Model Komponen Jarum Jam Sejajar Sumbu-y

```
> ppx:=0:
ppy:=0:
ppz:=0:
r:=1/2:
t:=1/2:
>
tabung_tengah:=plot3d([v,r*cos(u)+ppy,r*sin(u)+ppz],u=0..2*Pi,v=(ppx)..(p
px+t)):
>
lingkaran_tengah1:=plot3d([ppx,v*cos(u)+ppy,v*sin(u)+ppz],u=0..2*Pi,v=0..
r):
>
lingkaran_tengah2:=plot3d([ppx+t,v*cos(u)+ppy,v*sin(u)+ppz],u=0..2*Pi,v=0
..r):
>
tabung_jarum1:=display(tabung_tengah,lingkaran_tengah1,lingkaran_tengah2)
:
>
> ppx1:=ppx:
ppy1:=ppy:
ppz1:=ppz:
> xK1:=1/4:  yK1:=1/4:  zK1:=0:
> xK2:=-1/4:  yK2:=-1/4:  zK2:=2:
pusat(x,y,z)=(ppx,ppy,ppz)
> ppx:=ppx1+1/4:
ppy:=ppy1+0:
ppz:=ppz1+1/2:
>
> x1:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y1:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z1:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x2:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y2:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z2:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x3:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y3:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z3:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x4:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y4:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z4:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x5:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y5:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z5:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x6:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y6:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z6:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x7:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y7:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z7:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x8:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y8:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z8:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
>
>
> a1:=plot3d([v*x1+(1-v)*x2+ppx,v*y1+(1-v)*y2+ppy,v*z1+(1-
v)*z2+ppz],u=0..1,v=0..1):
a2:=plot3d([v*x3+(1-v)*x4+ppx,v*y3+(1-v)*y4+ppy,v*z3+(1-
v)*z4+ppz],u=0..1,v=0..1):
```

```
a3:=plot3d([v*x5+(1-v)*x6+ppx,v*y5+(1-v)*y6+ppy,v*z5+(1-
v)*z6+ppz],u=0..1,v=0..1):
a4:=plot3d([v*x7+(1-v)*x8+ppx,v*y7+(1-v)*y8+ppy,v*z7+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> s_tegak:=display(a1,a2,a3,a4):

> b1:=plot3d([v*x1+(1-v)*(-x3)+ppx,v*y1+(1-v)*(y3)+ppy,v*z1+(1-
v)*(z3)+ppz],u=0..1,v=0..1):
b2:=plot3d([v*x5+(1-v)*x7+ppx,v*y5+(1-v)*(-y7)+ppy,v*z5+(1-
v)*z7+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_bawah:=display(b1,b2):

> c1:=plot3d([v*x2+(1-v)*(x4)+ppx,v*y2+(1-v)*(y4)+ppy,v*z2+(1-
v)*(z4)+ppz],u=0..1,v=0..1):
c2:=plot3d([v*x6+(1-v)*x8+ppx,v*y6+(1-v)*(-y8)+ppy,v*z6+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_atas:=display(c1):
persegi_jarum1:=display(s_tegak,t_bawah,t_atas):
>
> xK1:=1/4:  yK1:=1/2:  zK1:=0:
> xK2:=-1/4:  yK2:=-1/2:  zK2:=1/2:
```

pusat(x,y,z)=(ppx,ppy,ppz)

```
> ppx:=ppx1+1/4:
ppy:=ppy1+1:
ppz:=ppz1+(-1/4):
>
> x1:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y1:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z1:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x2:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y2:=yK1*(1-u)+yK1*(u):
z2:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x3:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y3:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z3:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x4:=xK1*(1-u)+xK2*(u):
y4:=yK2*(1-u)+yK2*(u):
z4:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x5:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y5:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z5:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x6:=xK1*(1-u)+xK1*(u):
y6:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z6:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
> x7:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y7:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z7:=zK1*(1-u)+zK1*(u):
> x8:=xK2*(1-u)+xK2*(u):
y8:=yK1*(1-u)+yK2*(u):
z8:=zK2*(1-u)+zK2*(u):
>
>
> a1:=plot3d([v*x1+(1-v)*x2+ppx,v*y1+(1-v)*y2+ppy,v*z1+(1-
v)*z2+ppz],u=0..1,v=0..1):
a2:=plot3d([v*x3+(1-v)*x4+ppx,v*y3+(1-v)*y4+ppy,v*z3+(1-
v)*z4+ppz],u=0..1,v=0..1):
a3:=plot3d([v*x5+(1-v)*x6+ppx,v*y5+(1-v)*y6+ppy,v*z5+(1-
v)*z6+ppz],u=0..1,v=0..1):
a4:=plot3d([v*x7+(1-v)*x8+ppx,v*y7+(1-v)*y8+ppy,v*z7+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
```

```
> s_tegak:=display(a1,a2,a3,a4):

> b1:=plot3d([v*x1+(1-v)*(-x3)+ppx,v*y1+(1-v)*(y3)+ppy,v*z1+(1-
v)*(z3)+ppz],u=0..1,v=0..1):
b2:=plot3d([v*x5+(1-v)*x7+ppx,v*y5+(1-v)*(-y7)+ppy,v*z5+(1-
v)*z7+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_bawah:=display(b1,b2):

> c1:=plot3d([v*x2+(1-v)*(x4)+ppx,v*y2+(1-v)*(y4)+ppy,v*z2+(1-
v)*(z4)+ppz],u=0..1,v=0..1):
c2:=plot3d([v*x6+(1-v)*x8+ppx,v*y6+(1-v)*(-y8)+ppy,v*z6+(1-
v)*z8+ppz],u=0..1,v=0..1):
> t_atas:=display(c1):
persegi_jarum2:=display(s_tegak,t_bawah,t_atas):
>
>
jarumjam:=display(tabung_jarum1,persegi_jarum1,persegi_jarum2,labels=[x,y
,z],color="LightBlue",lightmodel="light4"):
```

D.3 Model Komponen Jam Weker dengan Dua Sumbu Pemodelan

Script seperti:
Lampiran A.2 model tinggi kiri dengan titik pusat $(ppx, ppy, ppz) = \left(-6 - 2\sqrt{2}, 0,0\right)$, $zK2 = 4.2,\ zk3 = 6$,
Lampiran A.2 model sama tinggi dengan titik pusat $(ppx, ppy, ppz) = \left(-4 - 2\sqrt{2}, 0,0\right)$, $zK2 = 4,\ zk3 = 4$,
Lampiran A.2 model tinggi kanan dengan titik pusat $(ppx, ppy, ppz) = \left(-2 - 2\sqrt{2}, 0,0\right)$, $zK2 = 5,\ zk3 = 9$,
Lampiran A.2 model tinggi kanan dengan titik pusat $(ppx, ppy, ppz) = \left(2 + 2\sqrt{2}, 0,0\right)$, $zK2 = 5,\ zk3 = 9$,
Lampiran A.2 model sama tinggi dengan titik pusat $(ppx, ppy, ppz) = \left(4 + 2\sqrt{2}, 0,0\right)$, $zK2 = 4,\ zk3 = 4$,
Lampiran A.2 model tinggi kiri dengan titik pusat $(ppx, ppy, ppz) = \left(6 + 2\sqrt{2}, 0,0\right)$, $zK2 = 4.2,\ zk3 = 6$,
Lampiran B.2,
Lampiran B.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = (0, -1{,}5)$, $r = 3$, dan t=2,
Lampiran B.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(-2\sqrt{2}, -1, 5 + 2\sqrt{2}\right)$, $r = 1$, dan t=2,
Lampiran B.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(2\sqrt{2}, -1, 5 + 2\sqrt{2}\right)$, $r = 1$, dan t=2,
Lampiran D.2 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(\frac{1}{2}, 4{,}4\right)$.

D.4 Model Komponen Jam Weker dengan Tiga Sumbu Pemodelan

Script seperti:
Lampiran A.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = (0,0,0)$, $zK1 = 0,\ zK2 = 1$ dan $k = \frac{1}{2}$,

Lampiran A.1 atau A.5 dengan $(ppx, ppy, ppz) = (0,0,1)$, $xK1 = \frac{1}{2}$, $xK2 = -\frac{1}{2}$, $yK1 = \frac{1}{2}$, $yK2 = -\frac{1}{2}$, $zK1 = 0$, $zK2 = 1$, dan $k = \frac{1}{2}$, atau A.3 atau A.4 dengan $(ppx, ppy, ppz) = (0,0,1)$, $r = \frac{1}{2}$, dan *t=1*,

Lampiran C.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(0,0,\frac{5}{2}\right)$ dan , $r = \frac{1}{2}$,

Lampiran C.2 dengan $(ppx, ppy, ppz) = (0,0,7)$,

Lampiran C.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(0,0,\frac{5}{2}\right)$ dan , $r = \frac{1}{2}$,

Lampiran A.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = (0,4,0)$, $xK1 = 1$, $xK2 = -1$, $yK1 = 3$, $yK2 = -3$, $zK1 = 0$, $zK2 = \frac{1}{2}$, dan $k = -\frac{1}{2}$,

Lampiran B.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = (-1,4,4)$, $r = \frac{7}{2}$, dan *t=2* (model pertama) atau Lampiran B.2, Lampiran B.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(-1,\frac{3}{2},1\right)$, $r = \frac{1}{2}$, dan *t=2*, Lampiran B.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(-1,\frac{13}{2},1\right)$, $r = \frac{1}{2}$, dan *t=2*, Lampiran B.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(-1,\frac{3}{2},7\right)$, $r = \frac{1}{2}$, dan *t=2*, Lampiran B.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(-1,\frac{13}{2},7\right)$, $r = \frac{1}{2}$, dan *t=2*,

Lampiran C.2 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(0,4,\frac{15}{2}\right)$, $xK1 = 1$, $xK2 = -1$, $yK1 = 3$, $yK2 = -3$, $zK1 = 0$, $zK2 = \frac{1}{2}$,

Lampiran A.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = (0,8,0)$, $zK1 = 0$, $zK2 = 1$ dan $k = \frac{1}{2}$,

Lampiran A.1 atau A.5 dengan $(ppx, ppy, ppz) = (0,8,1)$, $xK1 = \frac{1}{2}$, $xK2 = -\frac{1}{2}$, $yK1 = \frac{1}{2}$, $yK2 = -\frac{1}{2}$, $zK1 = 0$, $zK2 = 1$, dan $k = \frac{1}{2}$, atau A.3 atau A.4 dengan $(ppx, ppy, ppz) = (0,8,1)$, $r = \frac{1}{2}$, dan *t=1*,

Lampiran C.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(0,8,\frac{5}{2}\right)$ dan , $r = \frac{1}{2}$,

Lampiran C.2 dengan $(ppx, ppy, ppz) = (0,8,7)$,

Lampiran C.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(0,8,\frac{5}{2}\right)$ dan , $r = \frac{1}{2}$, dan

Lampiran D.1 dengan $(ppx, ppy, ppz) = \left(\frac{1}{2},4,4\right)$.