



**MODELISASI KOMPONEN AIR MANCUR
DENGAN BANTUAN BENDA-BENDA GEOMETRI RUANG**

SKRIPSI

Oleh

**Onne Hena S.
NIM 101810101056**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**MODELISASI KOMPONEN AIR MANCUR
DENGAN BANTUAN BENDA-BENDA GEOMETRI RUANG**

SKRIPSI

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

Oleh

**Onne Hena S.
NIM 101810101056**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Puji Tuhan, dengan hormat syukurku kunaikan untuk Tuhan Yesus Kristus, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Papa Agun dan Mama Marta tercinta, yang telah mendoakan dan memberi kasih sayang serta pengorbanan untuk putri tercintanya;
2. Antonio Vivaldi, yang telah mendoakan dan memberi semangat;
3. adik-adik tersayang Elsha HS., dan Angelina HS. yang telah banyak memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini;
4. teman-teman chaponiks yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini;
5. guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
6. Almamater Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, SMA Negeri 1 Porong, SMP Negeri 1 Porong, SD Kemala Bhayangkari Porong, dan TK Kemala Bhayangkari Porong.

MOTO

Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi
kekuatan kepadaku
(Filipi 3:14)¹



¹ *Alkitab*. Lembaga Alkitab Indonesia. Jakarta: Lembaga Alkitab Indonesia.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

nama : Onne Hena Sugianto

NIM : 101810101056

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Modelisasi Komponen Air Mancur Dengan Bantuan Benda-Benda Geometri Ruang” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, 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 dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2015

Yang menyatakan,

Onne Hena Sugianto

NIM 101810101056

SKRIPSI

**MODELISASI KOMPONEN AIR MANCUR
DENGAN BANTUAN BENDA-BENDA GEOMETRI RUANG**

Oleh

Onne Hena Sugianto
NIM. 101810101056

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Ika Hesti Agustin S.Si, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Modelisasi Komponen Air Mancur Dengan Bantuan Benda-Benda Geometri Ruang" telah diuji dan disahkan pada:

hari :

tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tim Penguji :

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.
NIP 19610108 198602 1 001

Ika Hesti Agustin S.Si, M.Si
NIP 19840801 200801 2 006

Penguji I,

Penguji II,

Drs. Rusli Hidayat, M.Sc.
NIP 19661012 199303 1 001

Kosala Dwidja Purnomo, S.Si., M.Si
NIP 19690828 199802 1 001

Mengesahkan
Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.
NIP 19610108 198602 1 001

RINGKASAN

Modelisasi Komponen Air Mancur Dengan Bantuan Benda-Benda Geometri Ruang; Onne Hena Sugianto; 101810101056; 2015; 64 Halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Air mancur merupakan sebuah sistem pengaturan aliran air yang dibangun dari beberapa benda penampung air tersusun ke dalam tingkatan tertinggi sampai terbawah sehingga air dapat dialirkan dari posisi yang tertinggi sampai yang terbawah. Selain itu, air mancur tersebut difungsikan untuk menambah keindahan taman, tempat peristirahatan rekreasi, lobby hotel, perkantoran, ataupun halaman kantor. Dilihat dari segi komponen penyusun air mancur yang telah dibuat, banyak digunakan bentuk geometri ruang seperti prisma, tabung, dan bola. Tampilannya ada yang hanya memiliki satu sudut pandang, tetapi ada juga dibuat yang mempunyai banyak sudut pandang. Jenis terakhir ini kelemahannya adalah walaupun memiliki banyak sudut pandang tetapi bentuk komponen-komponen wadah yang ditampilkan adalah sama. Penulisan skripsi ini mempunyai tujuan untuk memodelisasi bentuk komponen air mancur dengan pemotongan dan pemodelan benda-benda geometri ruang berupa bola, tabung, dan prisma persegi, penggabungan benda dasar hasil pemotongan dan pemodelan pada dua jenis sumbu penggabungan, serta implementasi contoh penataan air mancur untuk taman rumah sehingga menghasilkan air mancur yang bervariasi.

Dalam penelitian modelisasi komponen air mancur ini dibagi menjadi beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah memodelisasi benda dasar geometri untuk membangun bagian-bagian komponen air mancur dari pemotongan dan pemodelan bola, tabung dan prisma persegi. Dalam hal ini mengoperasikan titik dan kurva kemudian membangun bidang berdasarkan titik yang sudah ditentukan atau menginterpolasikan kurva tersebut. Tahapan kedua adalah merangkai beberapa benda-benda dasar komponen air mancur pada dua jenis sumbu penggabungan.

Dalam hal ini membagi sumbu menjadi dua bagian kemudian mengisi bagian tersebut dengan benda dasar komponen air mancur. Tahapan ketiga adalah serta implementasi contoh penataan air mancur untuk taman rumah. Selanjutnya tahapan terakhir dilakukan programasi untuk memodelisasi komponen air mancur tersebut dengan bantuan *software* Maple 13.

Hasil penelitian ini mendapatkan dua prosedur untuk memodelisasi komponen air mancur, yang pertama prosedur untuk membangun beberapa benda dasar sebagai komponen air mancur dengan langkah-langkah sebagai berikut. Pertama, menetapkan titik potong untuk membangun bidang potong pada bola, prisma persegi, dan tabung, dan menentukan dua buah titik masing-masing terletak pada sisi atas dan sisi bawah tabung dan prisma persegi. Kedua, mengoperasikan titik-titik tersebut, yaitu: (a) membangun bidang dengan titik potong yang ditetapkan (b) membangun kurva Hermit atau kurva Bezier, dan (c) menginterpolasikan kurva tersebut sehingga menghasilkan bentuk benda dasar komponen air mancur yang bervariasi. Sedangkan prosedur kedua yaitu merangkai beberapa benda dasar komponen air mancur dengan langkah-langkah sebagai berikut. Pertama, membagi sumbu menjadi dua bagian segmen. Kedua, mengisi setiap bagian segmen sumbu dengan benda dasar komponen air mancur. Ketiga, merangkai komponen air mancur pada suatu area sebagai implementasi contoh penataan air mancur untuk taman rumah.

PRAKATA

Puji Tuhan kunaikan syukurku pada Tuhan Yesus, yang telah memberkati, menuntun, dan selalu memberi Kasih-Nya yang selalu baru setiap hari sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Modelisasi Komponen Air Mancur Dengan Bantuan Benda-Benda Geometri Ruang". 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. Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Ika Hesti Agustin S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Drs. Rusli Hidayat, M.Sc. dan Bapak Kosala Dwidja Purnomo, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritikan dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Papa Agun dan Mama Marta tercinta, yang telah mendoakan dan memberi kasih sayang serta pengorbanan untuk putri tercintanya;
4. Antonio Vivaldi, yang telah mendoakan dan memberi semangat;
5. adik-adik tersayang Elsha HS., dan Angelina HS. yang telah banyak memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini;
6. teman-teman pejuang geometri Dara dan Fatkurotin, terima kasih atas kebersamaan selama mengerjakan skripsi ini dan telah memberikan semangat serta motivasi;
7. teman-teman Chaponiks, Chepa, Putri, Alm.Nadia, Nia, Karin, Surur, Syukma, teman-teman angkatan 2010 Vina, Holipah, Hadi serta teman-teman yang

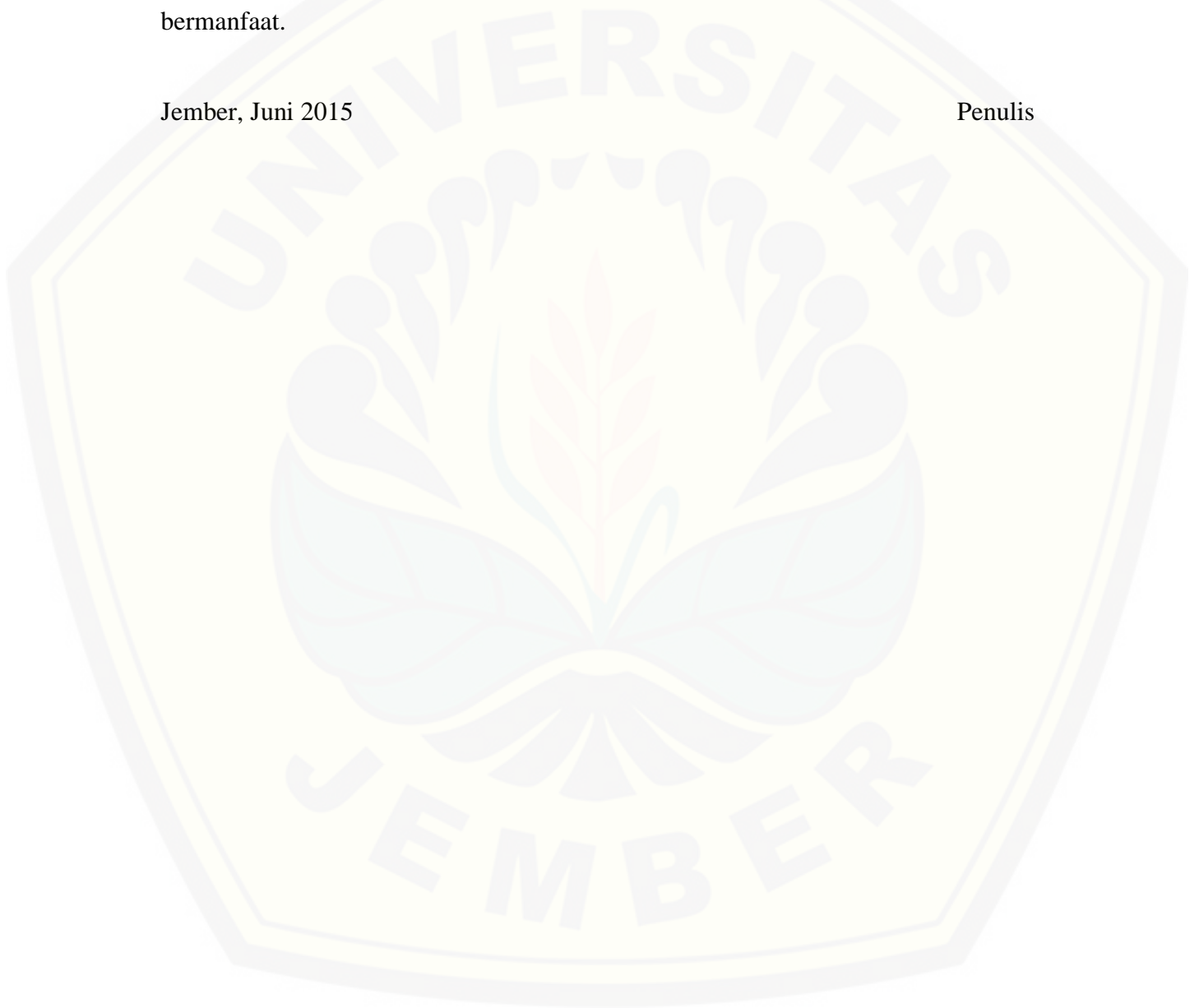
lainnya, terima kasih atas kebersamaan selama waktu kuliah dan telah memberikan semangat serta motivasi;

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.

Jember, Juni 2015

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penyajian Segmen Garis dan Lingkaran	6
2.1.1 Penyajian Segmen Garis	6
2.1.2 Penyajian Lingkaran dan Bagiannya	7
2.2 Interpolasi diantara Segmen Garis dan Kurva di Ruang	8
2.3 Penyajian Bola, Tabung, dan Prisma Segiempat	10
2.3.1 Penyajian Bola	10
2.3.2 Penyajian Tabung	12
2.3.3 Penyajian Prisma Segiempat.....	14
2.4 Transformasi Bidang di R^3	14

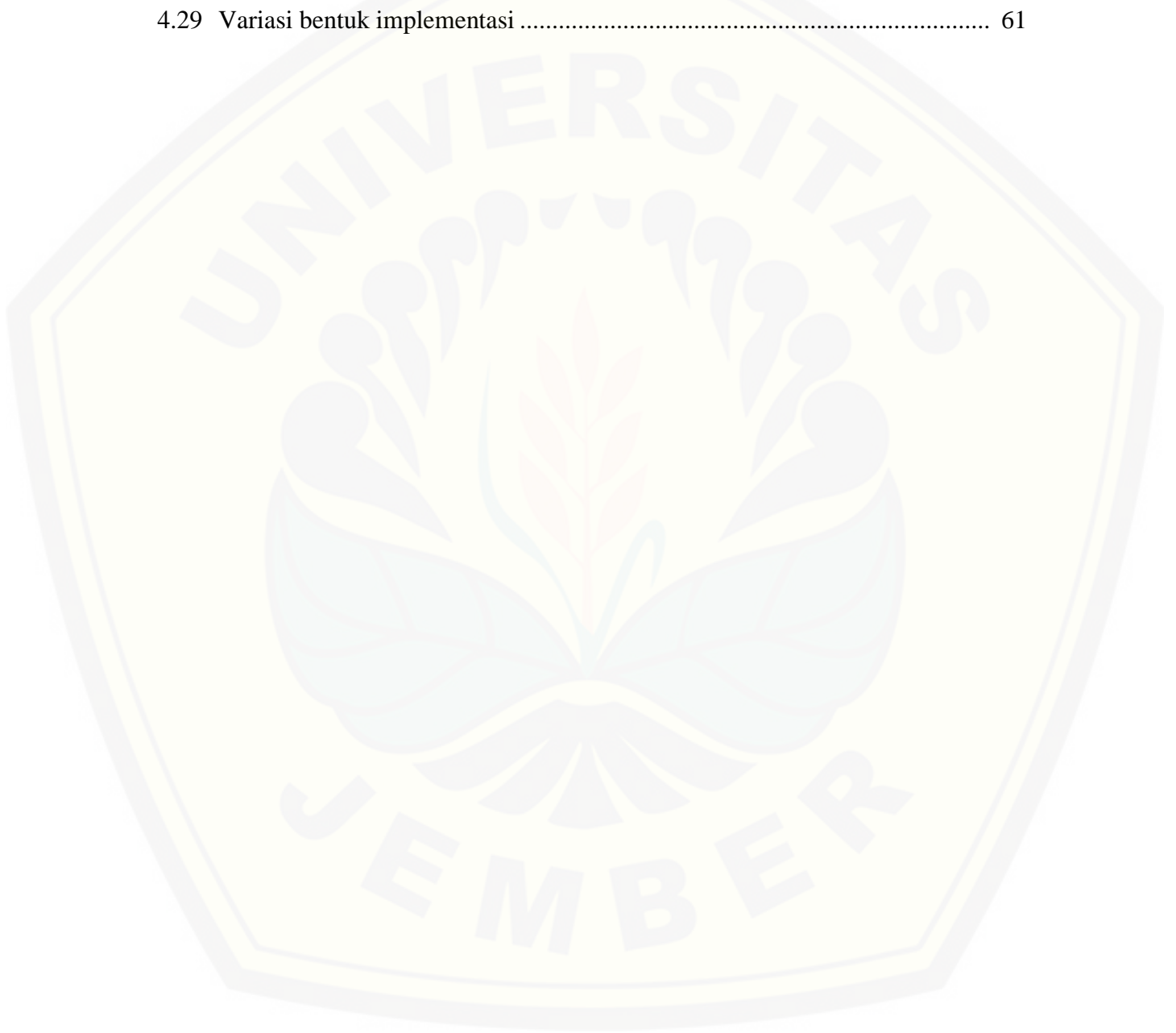
2.4.1 Translasi.....	14
2.4.2 Rotasi(Perputaran)	15
2.4.3 Dilatasi(Penskalaan)	16
2.4.4 Refleksi(Pencerminan).....	17
2.5 Penyajian Kurva Hermit Kuadratik	19
2.6 Penyajian Kurva dan Permukaan Bezier	19
2.7 Kontruksi Objek pada Program Maple 13.....	21
BAB 3. METODE PENELITIAN	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Modelisasi Benda Dasar Untuk Komponen Air Mancur	30
4.1.1 Pemodelan dengan Bola.....	30
4.1.2 Pemodelan dengan Tabung.....	37
4.1.3 Pemodelan dengan Prisma Persegi	44
4.1.4 Membangun rongga sumber air, rongga pembuangan air, dan pancuran air	48
4.2 Perangkaian Benda Dasar Komponen Air Mancur pada Sumbu Pemodelan.....	50
4.2.1 Model Komponen Air Mancur dengan Satu Sumbu Penggabungan	51
4.2.2 Model Komponen Air Mancur dengan Dua Sumbu Penggabungan	53
4.2.3 Implementasi Contoh Penataan Air Mancur untuk Taman Rumah	55
4.3 Pembahasan.....	58
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1 Bentuk desain air mancur.....	2
1.2 Benda dasar komponen-komponen penyusun air mancur	4
1.3 Contoh model sumbu pemodelan	4
2.1 Penyajian segmen garis di ruang	7
2.2 Penyajian lingkaran	8
2.3 Penyajian keratan lingkaran.....	8
2.4 Contoh kasus khusus interpolasi linier dua segmen garis	9
2.5 Interpolasi linier pada kurva	10
2.6 Bola dengan pusat $Q(a,b,c)$ dan jari-jari r	11
2.7 Keratan bola dengan pusat $Q(a,b,c)$	12
2.8 Penyajian tabung	12
2.9 Tabung dengan beragam sumbu pusat.....	13
2.10 Prisma dan bagiannya.....	14
2.11 Ilustrasi Rotasi pada Sistem Koordinat Tangan Kiri	15
2.12 Refleksi terhadap Bidang $x = 0$	17
2.13 Kurva Hermit kuadratik.....	19
2.14 Kurva Bezier (a) kuadratik (b) kubik	20
2.15 Permukaan Bezier dengan $m = 2$ dan $n = 2$	21
2.16 Segmen garis	21
2.17 Bidang segiempat	22
2.18 Bidang permukaan tidak datar.....	23
2.19 Bidang lingkaran.....	23
2.20 Permukaan Selimut Silinder	24
2.21 Permukaan Bola.....	24
2.22 Interpolasi antara dua kurva.....	26

2.22	Permukaan Bezier	26
3.1	Skema Metode Penelitian	29
4.1	Pemotongan bola dengan satu atau dua bidang horizontal	32
4.2	Pemotongan bola dengan satu dan dua bidang vertikal.....	34
4.3	Pemotongan bola dengan bidang vertikal dan horizontal.....	35
4.4	Variasi bentuk pemotongan bola	35
4.5	Variasi bentuk pemotongan bola dengan pola lingkaran tengah bola	36
4.6	Variasi bentuk pemotongan bola dengan menggunakan pola pada lingkaran tengah horizontal bola	37
4.7	Pemotongan tabung dengan satu dan dua bidang vertikal.....	39
4.8	Variasi bentuk pemotongan tabung	40
4.9	Pemodelan tabung dengan bidang benda putar	41
4.10	Variasi bentuk pemotongan tabung	42
4.11	Pemotongan tabung dengan pola pada lingkaran alas	43
4.12	Variasi pemotongan tabung dengan pola pada lingkaran alas.....	44
4.13	Pemotongan prisma dengan bidang vertical	46
4.14	Pemotongan prisma dengan membagi prisma menjadi 3 bagian	46
4.15	Pemotongan prisma dengan bidang lengkung vertical	48
4.16	Pemotongan prisma dengan bidang lengkung	48
4.17	Pembuatan rongga sumber air dan rongga pembuangan air	49
4.18	Pembuatan rongga pancuran air.....	50
4.19	Sumbu tegak penggabungan	52
4.20	Contoh penggabungan dengan menggunakan satu sumbu penggabungan....	53
4.21	2 sumbu penggabungan	55
4.22	Contoh penggabungan dengan menggunakan dua sumbu penggabungan	55
4.23	Implementasi air mancur dengan satu segitiga	56
4.24	Implementasi air mancur dengan dua segitiga.....	58
4.25	Variasi bentuk benda dasar komponen air mancur hasil teknik pemotongan	59

4.26 Variasi bentuk benda dasar komponen air mancur hasil teknik kelengkungan.....	59
4.27 Variasi bentuk komponen benda dasar dengan pola lingkaran	60
4.28 Variasi bentuk akibat dua jenis sumbu pemodelan	61
4.29 Variasi bentuk implementasi	61



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Modelisasi benda dasar komponen air mancur	64
A.1 Pemodelan dengan bola	64
A.2 Pemodelan dengan tabung	66
A.3 Pemodelan dengan prisma persegi.....	69
B. Perangkaian benda dasar komponen air mancur pada dua jenis sumbu pemodelan	72
B.1 Model komponen air mancur dengan satu sumbu penggabungan	72
B.2 Model komponen air mancur dengan dua sumbu penggabungan.....	76
B.3 Implementasi air mancur.....	78

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

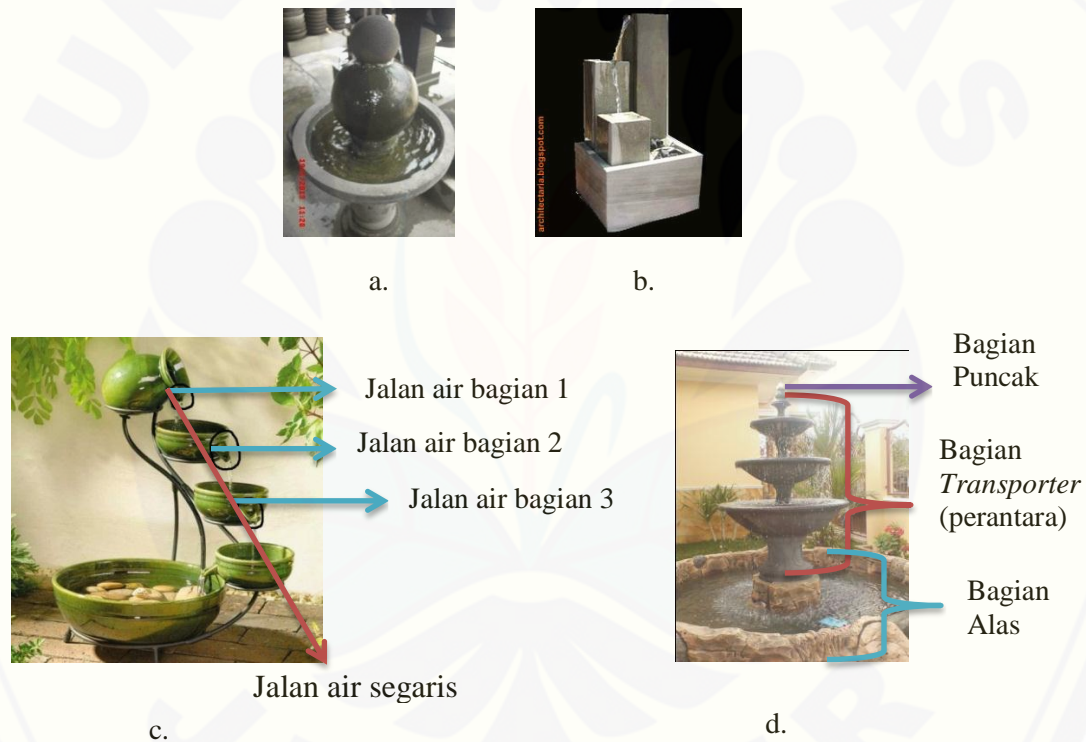
Air mancur merupakan sebuah sistem pengaturan aliran air yang dibangun dari beberapa benda penampung air tersusun ke dalam tingkatan tertinggi sampai terbawah sehingga air dapat dialirkan dari posisi yang tertinggi sampai yang terbawah. Selain itu, air mancur tersebut difungsikan untuk menambah keindahan taman, tempat peristirahatan rekreasi, lobby hotel, perkantoran, ataupun halaman kantor. Demikian juga, sumber air yang dipakai dapat berasal dari mata air atau dari wadah penampungan terakhir dari air mancur tersebut.

Suara gemericik air yang dihasilkan air mancur mampu menghilangkan kepenatan. Tingkatan jatuhnya air dari sebuah wadah ke wadah dibawahnya, bentuk kecekungan wadah, dan banyaknya lubang jalannya air dari sebuah wadah dapat membuat suara tumpahan air bervariasi. Suara tumpahan air ini membentuk suatu harmonisasi nada dan irama sehingga menciptakan musik alami yang dapat membuat suasana lebih tenang dan tentram.

Dilihat dari segi komponen penyusun air mancur yang telah dibuat, banyak digunakan bentuk geometri ruang seperti prisma, tabung, dan bola. Dari benda-benda tersebut disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu desain air mancur (Gambar 1.1). Tampilannya ada yang hanya memiliki satu sudut pandang, tetapi ada juga dibuat yang mempunyai banyak sudut pandang. Jenis terakhir ini kelemahannya adalah walaupun memiliki banyak sudut pandang tetapi bentuk komponen-komponen wadah yang ditampilkan adalah sama. Artinya, pada setiap sudut pandang komponen yang dibangun belum menggunakan komposisi dari berbagai bentuk benda ruang.

Air mancur pada umumnya terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian puncak, *transporter*, dan alas (Gambar 1.1d). Bagian puncak berfungsi untuk wadah air pertama air dijatuhkan, bagian *transporter* terdiri atas beberapa wadah untuk

menampung dan memindahkan air dari satu wadah ke wadah yang lain yang lebih rendah, dan bagian alas berfungsi sebagai wadah air terakhir ditampung. Pada setiap wadah tersebut memiliki bagian jalannya air yang jumlahnya dapat tunggal maupun banyak (Gambar 1.1c). Namun demikian jalan air yang telah dikenalkan, umumnya masih segaris dan cenderung mempunyai satu sudut pandang. Bahkan ada yang tanpa diberikan suatu jalannya air sehingga air menjadi tumpah sembarangan sehingga dapat mengakibatkan permukaan bagian wadah menjadi cepat kotor. Selain itu penempatan maupun penyusunan *transporter* yang dibuat umumnya juga belum menyebar sehingga pola jalannya air menjadi terbatas.



Gambar 1.1 Bentuk desain air mancur

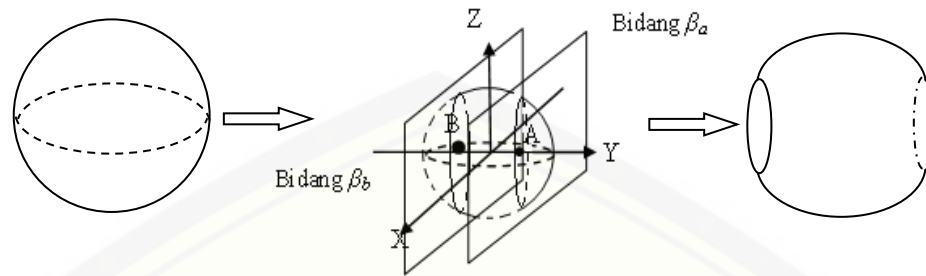
Plenza (2004) merancang *Crown Fountain (AS)* dengan konsep memperlihatkan air mancur yang tersusun dengan hanya sebuah balok raksasa yang ditempatkan pada sebuah wadah alas yang besar di sebuah taman luas. Balok tersebut mempunyai satu sisi tergambar wajah manusia. Di bagian mulutnya terdapat satu lubang yang digunakan untuk memancarkan air. Namun konsep tersebut masih

terdapat beberapa kelemahan, antara lain ukuran balok yang besar membutuhkan banyak tempat dan mengakibatkan pemandangan taman terhalangi. Jalannya air juga hanya tersembur dari satu lubang saja tanpa melalui *transporter* sehingga kurang menarik untuk dilihat. Selain itu Teresa *et al.* (1998) pendiri *Kinetic Fountains* mendesain sebuah air mancur yang tersusun atas sebuah alas, sebuah balok yang ditempatkan ditengah-tengah wadah alas, dan sebuah bola yang dipasangkan di tengah permukaan atas balok. Air mancur tersebut mengalirkan air dari puncak atas bola ke semua permukaan bola dan balok sehingga membuat air mengalir ke sembarang arah. Desain yang dikenalkan telah mempunyai banyak sudut pandang namun permukaan yang ditampilkan hanya memiliki bentuk susunan balok dan bola sehingga berdampak membosankan. Selain itu, aliran air yang dikenalkan belum banyak memiliki variasi untuk dapat dipancarkan ke sisi bola ataupun balok yang mengakibatkan tampilannya menjadi indah. Dari beberapa kelemahan desain yang telah diperkenalkan maka perlu dikembangkan model air mancur yang memiliki beberapa sudut pandang yang berbeda dan beberapa alur tumpahan air.

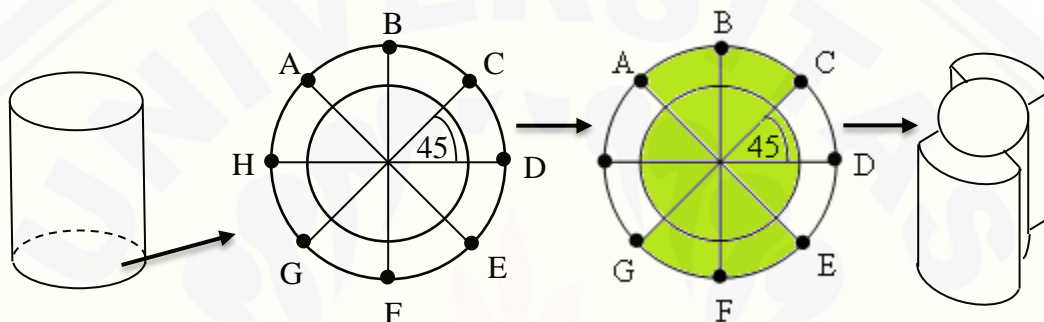
1.2 Rumusan Masalah

Dari beberapa kelemahan geometris yang dijelaskan pada bagian latar belakang diajukan permasalahan modelisasi air mancur sebagai berikut :

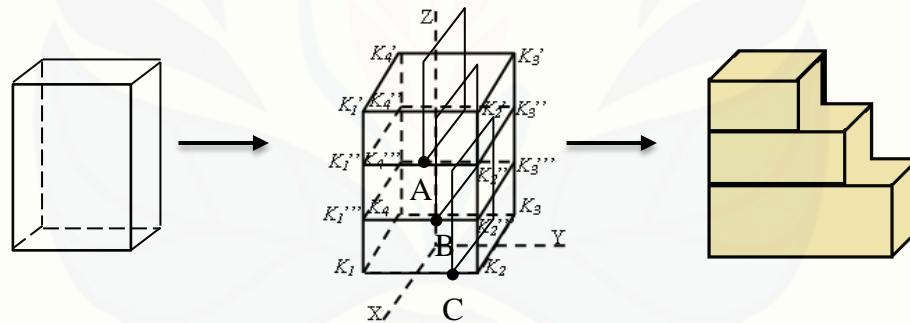
- a. diberikan bola, tabung, dan prisma persegi. Dari ketiga benda geometri ruang tersebut, bagaimana prosedur membangun beberapa benda dasar sebagai komponen penyusun air mancur dari pemotongan oleh bidang datar dan bidang lengkung pada bola, tabung dan prisma persegi panjang sehingga menghasilkan beberapa komponen penyusun air mancur yang bervariasi dan simetris (Gambar 1.2);



(a) Pemotongan pada bola



(b) Pemotongan pada tabung

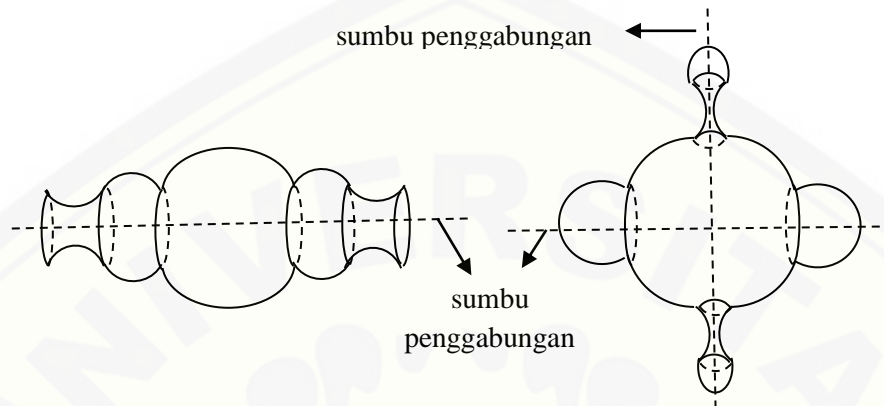


(c) Pemotongan pada prisma persegi

Gambar 1.2 Benda dasar komponen-komponen penyusun air mancur

- b. diberikan dua model kerangka sumbu penggabungan untuk merangkai komponen dasar air mancur yaitu model dengan satu sumbu penggabungan dan dua sumbu penggabungan (Gambar 1.3). Dari kedua model sumbu penggabungan tersebut, bagaimana prosedur merangkai beberapa benda-benda dasar komponen air mancur

agar menghasilkan model komponen air mancur yang tergabung kontinu dan bervariasi dan menyusunnya menjadi bentuk sistem air mancur.



Gambar 1.3 Contoh model sumbu penggabungan

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- mendapatkan prosedur untuk membangun beberapa benda dasar sebagai komponen penyusun air mancur dari pemotongan bidang datar dan lengkung pada bola, tabung, dan prisma persegi;
- mendapatkan prosedur untuk merangkai beberapa benda dasar komponen air mancur pada dua model sumbu penggabungan dan menyusunnya menjadi bentuk sistem air mancur.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini antara lain:

- menggunakan bantuan komputer, dapat dihasilkan beberapa prosedur baru model air mancur yang bervariasi, simetris, dan indah;
- memberikan informasi kepada produsen tentang beberapa daftar model air mancur sehingga menambah pilihan model air mancur yang sudah ada sebelumnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Sehubungan dengan beberapa persoalan yang dimaksud dan untuk keperluan mencari solusi permasalahan modelisasi wadah air mancur, pada bab ini disajikan beberapa teori dasar yang berkaitan dengan prosedur modelisasi air mancur. Teori dasar tersebut meliputi kajian tentang segmen garis, lingkaran, transformasi di bidang \mathbb{R}^3 , dan kurva Bezier serta benda-benda ruang geometri seperti bola, tabung, dan prisma segiempat. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam proses modelisasi beragam komponen air mancur dan perangkaiannya pada bentuk sistem air mancur.

2.1 Penyajian Segmen Garis dan Lingkaran

2.1.1 Penyajian Segmen Garis

Misalkan diberikan dua buah titik berbeda di ruang 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 secara vektorial sebagai berikut (Gambar 2.1):

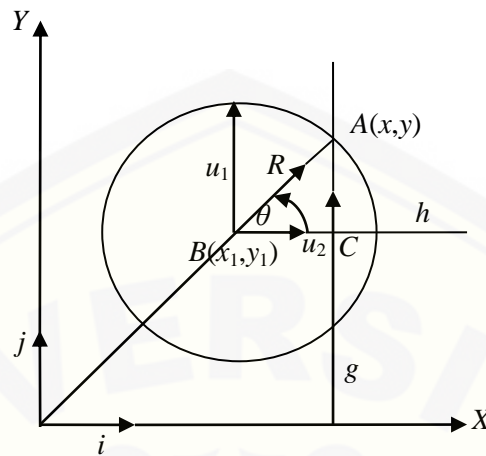
$$\overrightarrow{OC} = \lambda \overrightarrow{OB} + (1 - \lambda) \overrightarrow{OA},$$

dengan $\lambda \in [0, 1]$ sebagai variabel parameter dan $C \in \overline{AB}$. Dengan demikian persamaan parametrik segmen garis dapat dinyatakan sebagai:

$$\langle x, y, z \rangle = \lambda \langle x_2, y_2, z_2 \rangle + (1 - \lambda) \langle x_1, y_1, z_1 \rangle, \quad (2.1a)$$

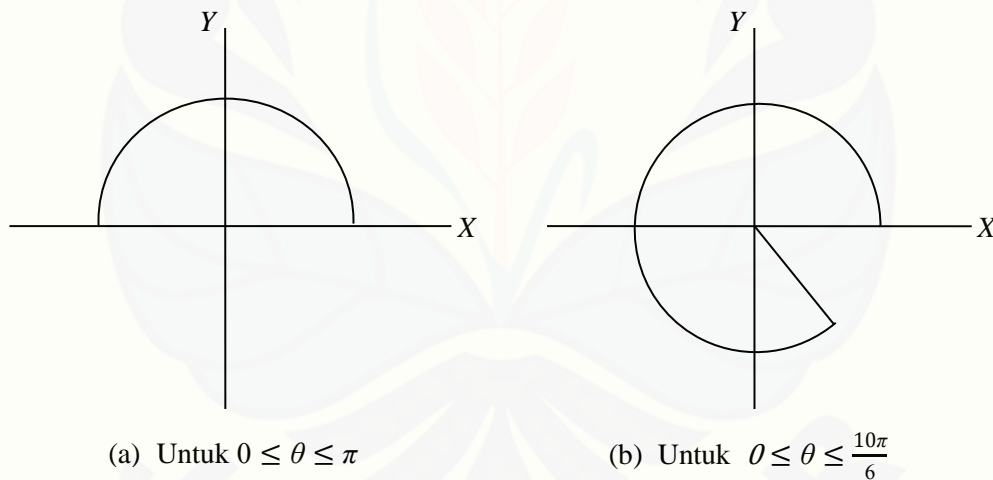
atau

$$\begin{aligned} x &= (1 - \lambda)x_1 + \lambda x_2, \\ y &= (1 - \lambda)y_1 + \lambda y_2, \\ z &= (1 - \lambda)z_1 + \lambda z_2. \end{aligned} \quad (2.1b)$$



Gambar 2.2 Penyajian lingkaran

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



(a) Untuk $0 \leq \theta \leq \pi$

(b) Untuk $0 \leq \theta \leq \frac{10\pi}{6}$

Gambar 2.3 Penyajian keratan lingkaran

2.2 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 $l_1(u)$ dan $l_2(u)$, maka permukaan parametrik hasil interpolasi linier kedua segmen garis tersebut diformulasikan sebagai berikut:

$$S(u,v) = (1 - v)l_1(u) + vl_2(u), \quad (2.4a)$$

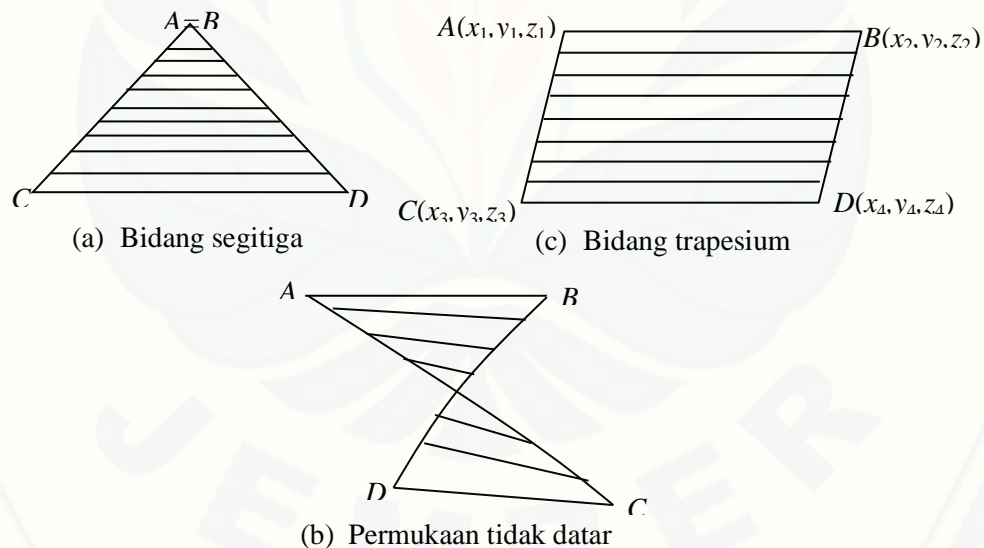
dengan $0 \leq u \leq 1$ dan $0 \leq v \leq 1$.

Terdapat beberapa kasus khusus untuk interpolasi linier kedua garis tersebut. Jika $A=B$ maka hasil interpolasi Persamaan (2.4a) akan menghasilkan bidang segitiga (Gambar 2.4a). Sedangkan jika $\overline{AB} \parallel \overline{CD}$ maka secara umum akan membentuk bidang segiempat (Gambar 2.4b). 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 2.4c).

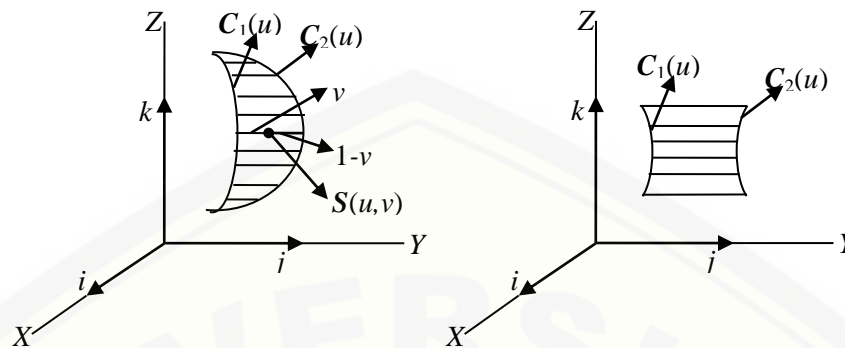
Di lain pihak kita dapat membangun permukaan lengkung hasil interpolasi kurva ruang melalui persamaan berikut:

$$S(u,v) = (1 - v)C_1(u) + vC_2(u), \quad (2.4b)$$

dengan $C_1(u)$ dan $C_2(u)$ merupakan kurva batas (Gambar 2.5).



Gambar 2.4 Contoh kasus khusus interpolasi linier dua segmen garis



Gambar 2.5 Interpolasi linier pada kurva

2.3 Penyajian Bola, Tabung, dan Prisma Segiempat

2.3.1 Penyajian Bola

Bola adalah kedudukan titik-titik dalam ruang yang berjarak sama terhadap titik tertentu (Kusno,2002). Titik tertentu tersebut dinamakan pusat bola, ruas garis dari pusat ke titik pada bola disebut jari-jari. Semua ruas garis penghubung dua titik pada bola yang melalui pusat disebut diameter (garis tengah). Pada bagian ini dijelaskan mengenai persamaan bola dalam bentuk parametrik.

Jika diketahui bola dengan pusat $Q(a,b,c)$ dan $PQ = r$, maka bentuk parametrik bola dapat dinyatakan sebagai berikut (Gambar 2.6).

Persamaan bola

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

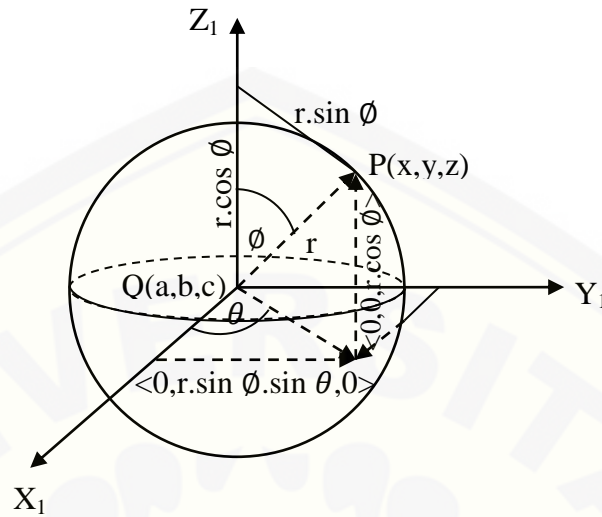
Dengan $\overline{OQ} = \langle a, b, c \rangle$ atau

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

Dengan demikian persamaan parametrik bola dengan pusat $Q(a,b,c)$ dan jari-jari r adalah :

$$B(\phi, \theta) = \langle r \cdot \sin \phi \cdot \cos \theta + a, r \cdot \sin \phi \cdot \sin \theta + b, r \cdot \cos \phi + c \rangle \quad (2.5)$$

dengan $0 \leq \phi, \theta \leq 2\pi$, sedangkan r, a, b dan c adalah konstanta real.



Gambar 2.6 Bola dengan pusat $Q(a,b,c)$ dan jari-jari r

Dalam kasus bola dengan pusat sepanjang sumbu Y , persamaan bola dinyatakan sebagai

$$B(\phi, \theta) = \langle r \cdot \sin \phi \cdot \cos \theta + 0, r \cdot \sin \phi \cdot \sin \theta + 0, r \cdot \cos \phi + 0 \rangle \quad (2.6)$$

dan persamaan parametrik bola dengan sumbu pusat X , yaitu

$$B(\phi, \theta) = \langle r \cdot \cos \phi + x, r \cdot \sin \phi \cdot \cos \theta + 0, r \cdot \sin \phi \cdot \sin \theta + 0 \rangle. \quad (2.7)$$

Di lain pihak jika diingikan suatu potongan bola dengan pusat $Q(a,b,c)$ yang dipotong tegak lurus terhadap sumbu x , y atau z , maka potongan bola dapat ditentukan melalui Persamaan (2.5), (2.6) dan (2.7) dengan parameter $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $\phi_{min} \leq \phi \leq \phi_{max}$ serta

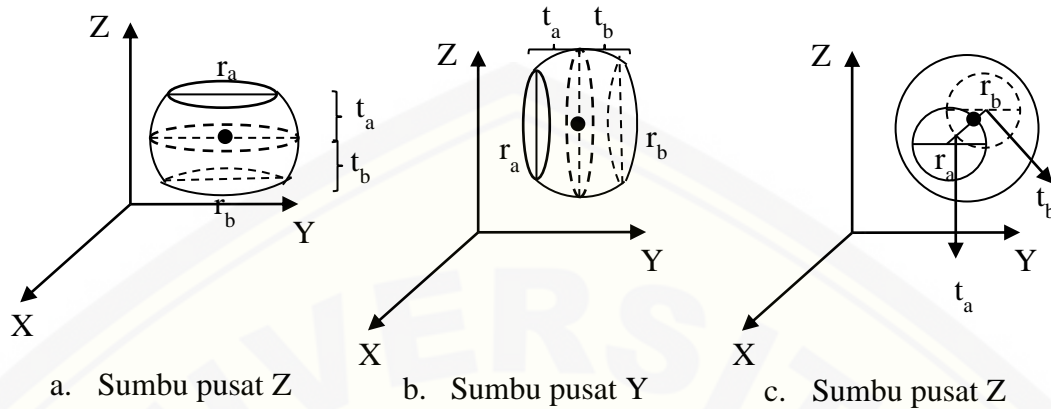
$$\text{jari-jari alas pertama} = r_a = r \cdot \sin(\phi_{min}),$$

$$\text{jari-jari alas kedua} = r_b = r \cdot \sin(\phi_{max}),$$

$$\text{tinggi alas pertama} = t_a = r \cdot \cos(\phi_{min}),$$

$$\text{tinggi alas kedua} = t_b = r \cdot \cos(\phi_{max}).$$

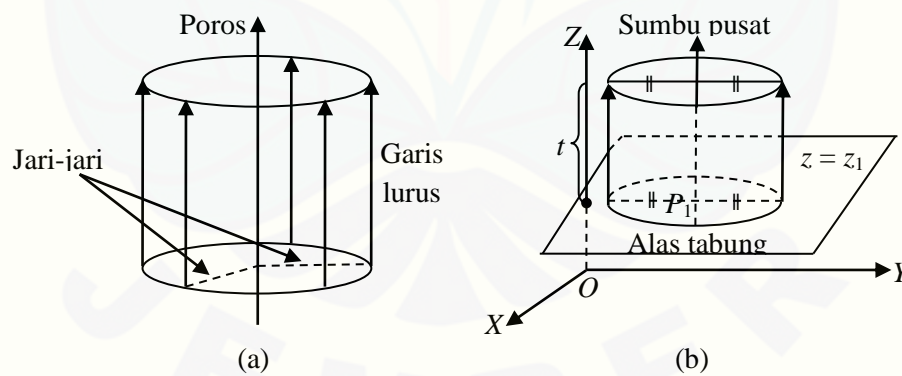
Hasil dari bentuk keratan bola dengan pusat sumbu pusat Z , Y , dan X masing-masing ditunjukkan pada Gambar 2.7 a,b,c.



Gambar 2.7 Keratan bola dengan pusat $Q(a,b,c)$

2.3.2 Penyajian Tabung

Menurut Suryadi (1986), tabung dibangun oleh garis lurus yang sejajar dengan garis lurus tertentu (poros) yang bergerak sejajar dengan jari-jari yang bersifat konstan. Tabung juga dapat diartikan sebagai silinder lingkaran tegak yang merupakan tempat kedudukan garis-garis sejajar dan berjarak sama terhadap garis tertentu (Gambar 2.8).



Gambar 2.8 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.

a. 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 2.9a).

1. 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

$$L(\theta) = \langle x_1 + R \cos\theta, y_1 + R \sin\theta, z_1 \rangle \quad (2.8)$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $R \in \text{real}$.

2. Translasikan lingkaran (2.8) dari z_1 sampai $z_1 + t$ sehingga terbentuk persamaan parametrik tabung

$$T(\theta, z) = \langle x_1 + R \cos\theta, y_1 + R \sin\theta, z \rangle, \quad (2.9)$$

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

b. 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 2.9b)

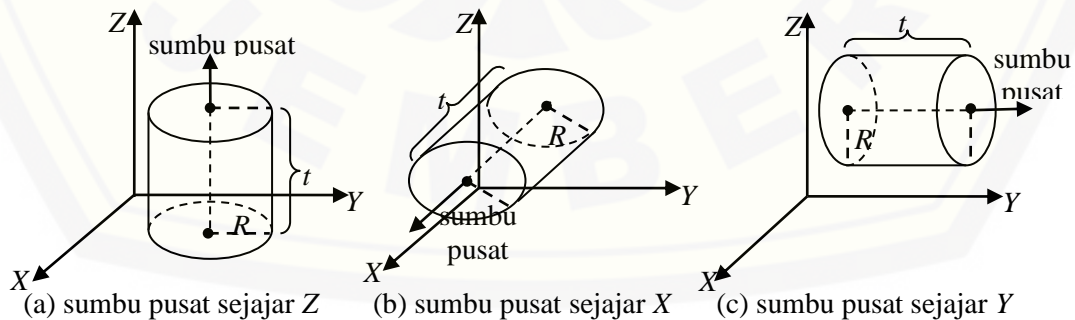
$$T(\theta, z) = \langle x, y_1 + R \sin\theta, z_1 + R \cos\theta \rangle, \quad (2.10)$$

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

c. 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 2.9c)

$$T(\theta, z) = \langle x_1 + R \cos\theta, y, z_1 + R \sin\theta \rangle, \quad (2.11)$$

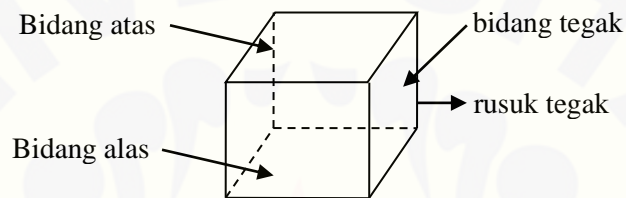
dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $y_1 \leq y \leq y_1 + t$.



Gambar 2.9 Tabung dengan beragam sumbu pusat

2.3.3 Penyajian Prisma Segiempat

Prisma adalah suatu benda ruang tertutup yang dibatasi oleh dua bidang sejajar dan beberapa bidang datar perpotongan dengan garis-garis potong sejajar. Dua bidang yang sejajar tersebut dinamakan bidang alas dan bidang atas, bidang-bidang datar perpotongan disebut dengan bidang tegak, sedangkan jarak antara bidang alas dan bidang atas disebut tinggi prisma (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Prisma dan bagiannya

Penamaan prisma diambil dari nama poligon yang menjadi bidang alas dan bidang atasnya. Jika bidang alas dan bidang atas berbentuk segiempat, maka prisma tersebut disebut prisma segiempat.

2.4 Transformasi Bidang di \mathbb{R}^3

Transformasi bidang di \mathbb{R}^3 ini terdiri dari translasi, rotasi (perputaran), dilatasi (penskalaan) dan refleksi (pencerminan).

2.4.1 Translasi

Sebagai elemen dasar, setiap titik di \mathbb{R}^3 ditentukan oleh tiga referensi, yaitu ke arah sumbu X , ke arah sumbu Y dan ke arah sumbu Z . Sehingga, sebarang titik Q dinyatakan sebagai (X_q, Y_q, Z_q) dalam bentuk koordinat dan $\langle X_q, Y_q, Z_q \rangle$ dalam bentuk vektor. Translasi adalah perpindahan kedudukan sebarang titik dengan penambahan/pengurangan besaran pada arah sumbu X , Y dan Z . (Setyo Budhi W, 1995)

Secara umum, translasi dapat dinyatakan oleh persamaan $Q = TP + K$, dimana P adalah posisi awal, Q adalah posisi titik setelah ditranslasi, T adalah matrik

identitas dan K menunjukkan besarnya pergeseran ke arah sumbu X , Y dan Z . Hasil translasi dapat dinyatakan sebagai :

$$(X_q, Y_q, Z_q) = (X_p + K_x, Y_p + K_y, Z_p + K_z)$$

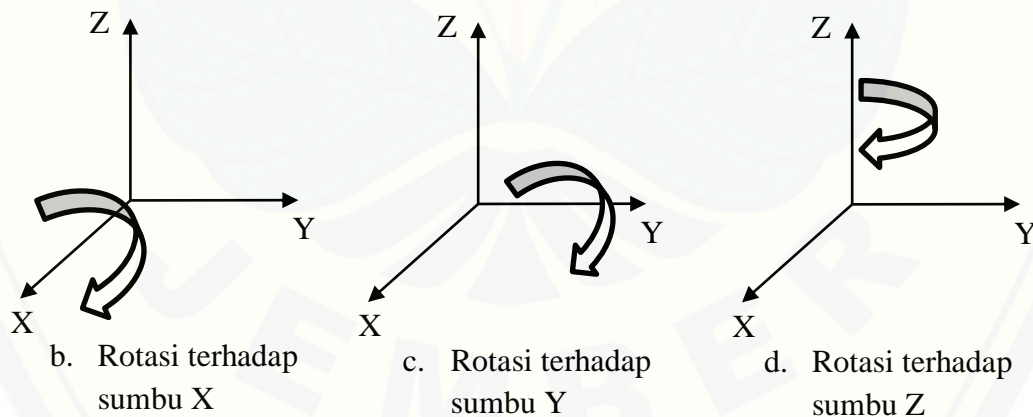
Dalam bentuk matriks, notasi diatas dapat ditulis sebagai :

$$\begin{bmatrix} X_q & Y_q & Z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_x \\ K_y \\ K_z \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

Matriks A_2 adalah matriks koefisien yang bersesuaian dengan transformasi translasi. Translasi bersifat mempertahankan bentuk dan ukuran obyek.

2.4.2 Rotasi (Perputaran)

Dalam R^3 dikenal dua sistem koordinat, yaitu sistem koordinat tangan kanan dan sistem koordinat tangan kiri. Pada sistem koordinat tangan kiri, rotasi bersudut positif dinyatakan sebagai searah dengan arah putaran jarum jam. Sedangkan, pada sistem koordinat tangan kanan, rotasi bersudut positif dinyatakan sebagai berlawanan arah dengan arah putaran jarum jam.



Gambar 2.11 Ilustrasi Rotasi pada Sistem Koordinat Tangan Kiri

Apabila θ menunjukkan besarnya sudut rotasi dengan titik pangkal rotasi $O(0,0,0)$, aka rotasi terhadap masing-masing sumbu dapat dituliskan dalam bentuk matriks sebagai berikut :

Rotasi terhadap sumbu x :

$$B_1$$

$$\begin{bmatrix} X_q & Y_q & Z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

Rotasi terhadap sumbu y :

$$B_2$$

$$\begin{bmatrix} X_q & Y_q & Z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

Rotasi terhadap sumbu z :

$$B_3$$

$$\begin{bmatrix} X_q & Y_q & Z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Dalam hal ini, matriks B_1 , B_2 dan B_3 adalah matriks koefisien yang bersesuaian dengan transformasi rotasi. Rotasi ini memiliki sifat yang sama dengan translasi.

2.4.3 Dilatasi (Penskalaan)

Dilatasi adalah proses memperbesar atau memperkecil suatu objek. Dilatasi ini dapat dilakukan terhadap sumbu X saja, sumbu Y , sumbu Z saja atau kombinasi dari ketiga-tiganya. Secara umum, dilatasi dapat dinyatakan dalam persamaan $Q = SP$, dimana Q adalah posisi titik setelah didilatasi, S adalah matriks transformasi dan P adalah posisi titik awal. Hasil dilatasi dapat dinyatakan sebagai : (Setyo Budhi W, 1995)

$$(Q_x, Q_y, Q_z) = (S_x P_x, S_y P_y, S_z P_z),$$

dimana bentuk matriks, notasi diatas dapat dituliskan :

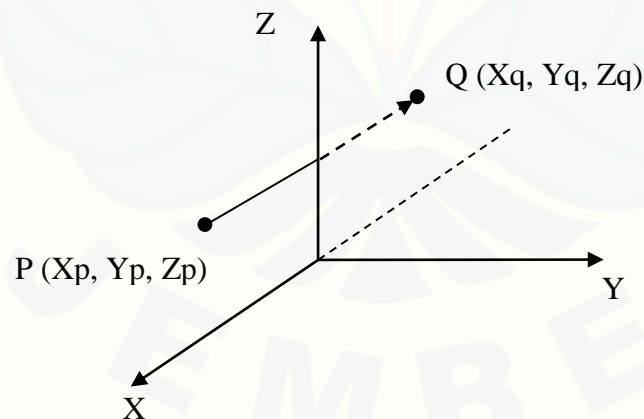
$$C_1 \begin{bmatrix} X_q & Y_q & Z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & S_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Matriks C_1 adalah matriks koefisien yang bersesuaian dengan transformasi dilatasi. Untuk $0 < S_x, S_y$ dan $S_z < 1$ objek yang didilatasi akan diperkecil dari bentuk semula, sedangkan untuk S_x, S_y dan $S_z > 1$ maka obyek yang didilatasi akan diperbesar dari bentuk semula. Obyek sebelum dan sesudah didilatasi memiliki sifat-sifat yang sebangun.

2.4.4 Refleksi (Pencerminan)

Refleksi terhadap bidang melalui titik awak adalah transformasi yang memetakan setiap titik di R^3 ke dalam bayangan cerminnya terhadap bidang tersebut. (Howard Anton, 1988)

Dalam Hal ini, akan dibahas refleksi terhadap bidang-bidang $x = 0$, $y = 0$ dan $z = 0$. Misalkan $T: R^3 \rightarrow R^3$ adalah transformasi yang memetakan masing-masing titik ke dalam bayangan simetriknya terhadap bidang $x = 0$.



Gambar 2.12 Refleksi terhadap Bidang $x = 0$

Adapun matriks transformasinya dapat ditentukan sebagai berikut :

$$T(e_1) = T \left(\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad T(e_2) = T \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad T(e_3) = T \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix};$$

dengan menggunakan $T(e_1)$, $T(e_2)$ dan $T(e_3)$ maka kita akan dapatkan matriks transformasinya sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Jadi, persamaan refleksi yang melalui titik awal $P(P_x, P_y, P_z)$ terhadap bidang $x = 0$ dapat dituliskan dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$D_1$$

$$\begin{bmatrix} X_q & Y_q & Z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

dengan cara serupa, akan didapatkan persamaan refleksi dalam bentuk matriks terhadap bidang $y = 0$ sebagai berikut:

$$D_2$$

$$\begin{bmatrix} X_q & Y_q & Z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

persamaan refleksi dalam bentuk matriks terhadap bidang $z = 0$ sebagai berikut:

$$D_3$$

$$\begin{bmatrix} X_q & Y_q & Z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

Dalam hal ini, matriks D_1 , D_2 dan D_3 adalah matriks koefisien yang bersesuaian dengan transformasi refleksi terhadap bidang-bidang $x = 0$, $y = 0$ dan $z = 0$. Objek sebelum dan sesudah di refleksi memiliki jarak yang sama terhadap bidang refleksi. Refleksi ini memiliki sifat-sifat yang sama dengan translasi.

2.5 Penyajian Kurva Hermit Kuadratik

Menurut Kusno (2009), kurva Hermit kuadratik dapat dinyatakan sebagai berikut (Gambar 2.14):

$$p(u) = p(0)K_1(u) + p(1)K_2(u) + p''(1)K_3(u), \quad (2.20)$$

dengan:

$$K_1(u) = (1 - 2u + u^2),$$

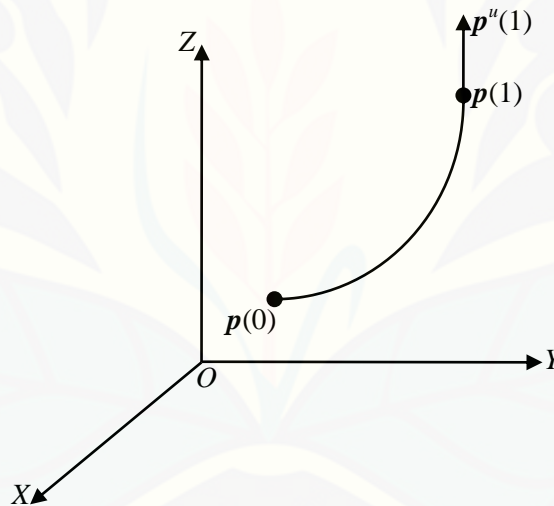
$$K_2(u) = (2u - u^2),$$

$$K_3(u) = (-u + u^2),$$

$p(0)$ = titik awal kurva,

$p(1)$ = titik akhir kurva,

$p''(1)$ = vektor singgung di $p(1)$ dengan $0 \leq u \leq 1$.



Gambar 2.13 Kurva Hermit kuadratik

2.6 Penyajian Kurva dan Permukaan Bezier

Menurut Kusno(2009), kurva Bezier derajat- n $C(u)$ dinyatakan dalam bentuk parametrik berikut:

$$C(u) = \sum_{i=0}^n \mathbf{P}_i B_i^n(u), \quad 0 \leq u \leq 1 \quad (2.21)$$

dengan:

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

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

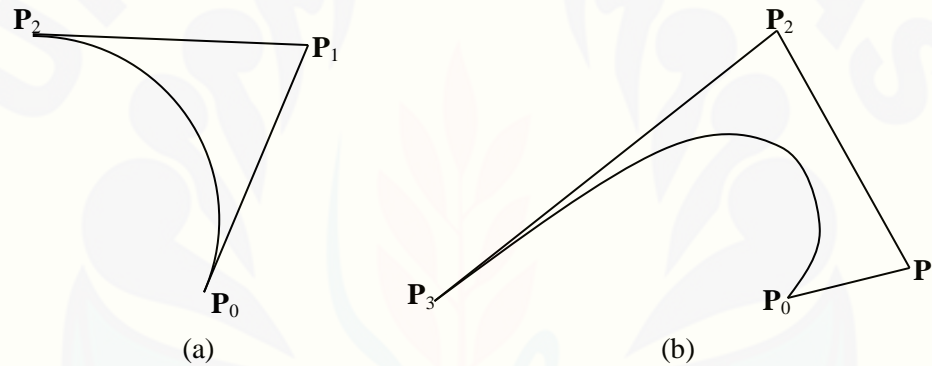
P_i = koefisien geometri / titik kontrol kurva $C(u)$.

Jika $n = 2$, akan dihasilkan kurva Bezier kuadratik dengan persamaan parametrik (Gambar 2.13a):

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

sedangkan untuk $n = 3$ didapatkan empat titik kontrol yaitu $P_0, P_1, P_2,$ dan P_3 sehingga persamaan parametrik kurva Bezier kubiknya adalah (Gambar 2.13b):

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



Gambar 2.14 Kurva Bezier (a) kuadratik (b) kubik

Permukaan Bezier pada prinsipnya identik dengan kurva Bezier. Permukaan Bezier $S(u,v)$ derajat m dan n dinyatakan dalam bentuk parametrik berikut (Gambar 2.14):

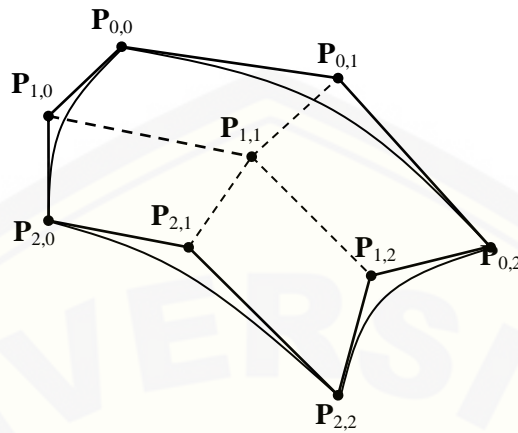
$$S(u,v) = \sum_{i,j=0}^{m,n} P_{ij} B_i^m(u) B_j^n(v), \quad 0 \leq u,v \leq 1 \tag{2.22}$$

dengan:

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

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

P_{ij} = koefisien geometri / titik kontrol permukaan $S(u,v)$.

Gambar 2.15 Permukaan Bezier dengan $m = 2$ dan $n = 2$

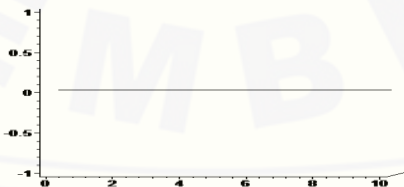
2.7 Konstruksi Objek pada Program Maple 13

Pada subbab ini disajikan beberapa contoh konstruksi obyek-obyek geometri dengan *software* Maple 13 untuk mengkonstruksi objek geometri.

a. Penyajian Segmen Garis

Untuk membuat segmen garis menggunakan maple, dapat menggunakan Persamaan (2.1b) 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 $B(0,10,0)$. Berikut ini merupakan *script* program Maple 13.

```
a:=spacecurve([(1-t)*0+t*0, (1-t)*0+t*10, (1-t)*0+t*0],
t=0..1):
```

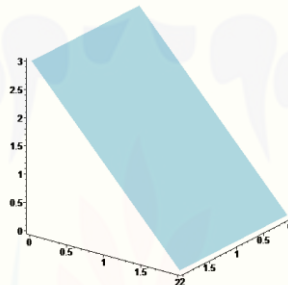


Gambar 2.16 Segmen garis

b. Penyajian Bidang Segieempat

Bidang segi empat dapat disajikan dengan Persamaan (2.4a). Misalkan dibangun bidang segi empat b (Gambar 2.17) dengan titik sudut-titik sudut $A(2,2,0)$, $B(0,2,0)$, $C(2,0,3)$ dan $D(0,0,3)$ maka bentuk perintahnya sebagai berikut.

```
b:=plot3d([(1-v)*(2-2*u)+v*(2-2*u), (1-v)*2+v*0, (1-v)*0+v*3], u=0..1, v=0..1):
```

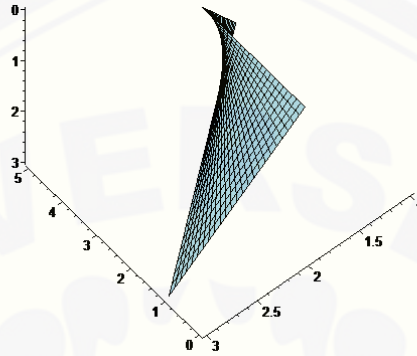


Gambar 2.17 Bidang segiempat

c. Penyajian Permukaan Tidak Datar

Sama halnya dengan penyajian bidang segitiga dan segiempat, untuk membuat permukaan tidak datar juga dapat menggunakan Persamaan (2.4a), hanya kurva batasnya dipilih yang menyilang satu sama lain. Dibuat bidang atau permukaan tidak datar c dari titik-titik $A(2,0,0)$, $B(2,3,0)$, $C(3,1,3)$ dan $D(-1,5,3)$. Hasilnya dapat disajikan pada (Gambar 2.18) dengan *script* sebagai berikut.

```
c:=plot3d([(1-v)*2+v*(3-2*u), (1-v)*3*u+v*(1+4*u), (1-v)*0+v*3], u=0..1, v=0..1):
```



Gambar 2.18 Bidang permukaan tidak datar

d. Penyajian Bidang Lingkaran

Untuk membuat bidang lingkaran dapat menggunakan Persamaan (2.3) dengan memberikan nilai jari-jari dan titik pusatnya. Misalkan akan dibentuk lingkaran e (Gambar 2.19) dengan pusat di $A(0,0,0)$ dan jari-jari sepanjang 2 satuan. Berikut ini contoh *scrip*-nya.

```
e:=plot3d([r*2*cos(t)+0,r*2*sin(t)+0,0],r=0..1,
t=0..2*Pi):
```

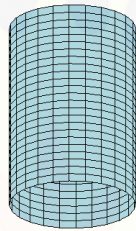


Gambar 2.19 Bidang lingkaran

e. Penyajian Permukaan Selimut Silinder

Untuk membuat permukaan selimut silinder dapat menggunakan Persamaan (2.9) dengan memberikan nilai jari-jari, titik pusat dan ketinggian silinder. Misalkan akan dibentuk silinder h (Gambar 2.20) dengan pusat di $A(0,0,0)$, jari-jari sepanjang 2 satuan dan ketinggian 9 satuan. Berikut ini contoh *scrip*-nya.

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

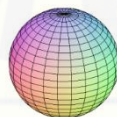


Gambar 2.20 Permukaan Selimut Silinder

f. Penyajian Permukaan Bola

Untuk membuat permukaan bola dapat menggunakan Persamaan (2.5) dengan memberikan nilai jari-jari dan titik pusat bola. Misalkan akan dibentuk bola j (Gambar 2.21) dengan pusat di $A(0,0,0)$ dan jari-jari sepanjang 4 satuan. Berikut ini contoh *scrip*-nya.

```
j:=plot3d([4*sin(v)*cos(u)+0,4*sin(v)*sin(u)+0,4*cos(v)+0],u=0..2*Pi,v=0..Pi,scaling=constrained):
```



Gambar 2.21 Permukaan Bola

g. Penyajian interpolasi antara dua kurva

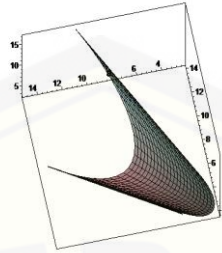
Misalkan akan menginterpolasi antara dua kurva yang diberi nama f dengan kurva pertama berupa kurva hermit di titik $P(0)=(5,2,3)$ sedangkan kurva kedua berupa kurva hermit di titik $P(1)=(4,5,6)$. Berikut ini merupakan contoh *script*-nya:

```

h1:=(2*u^3-3*u^2+1):
h2:=(-2*u^3+3*u^2):
h3:=(u^3-3*u^2+u):
h4:=(u^3-u^2):
P:=( [(u+5)*h1+(4*u)*h2+(1*h3)+(4*h4), (u+2)*h1+(5*u*h2)+(1
*h3)+(5*h4), (u+3)*h1+(6*u*h2)+(1*h3)+(6*h4)], u=0..1):
A:=spacecurve(P):display(A):
Q:=( [(u+15)*h1+(12*u)*h2+(1*h3)+(12*h4), (u+6)*h1+(15*u*h2
)+(1*h3)+(15*h4), (u+9)*h1+(18*u*h2)+(1*h3)+(18*h4)], u=0..
1):
B:=spacecurve(Q):display(B):
F:=plot3d([(1-
v)*((u+5)*h1+(4*u)*h2+(1*h3)+(4*h4))+v*((u+15)*h1+(12*u)*
h2+(1*h3)+(12*h4)),
(1-
v)*((u+2)*h1+(5*u*h2)+(1*h3)+(5*h4))+v*((u+6)*h1+(15*u*h2
)+(1*h3)+(15*h4)),
(1-
v)*((u+3)*h1+(6*u*h2)+(1*h3)+(6*h4))+v*((u+9)*h1+(18*u*h2
)+(1*h3)+(18*h4))], u=0..1, v=0..1):

```

Permukaan hasil interpolasi ditunjukkan pada Gambar 2.22.

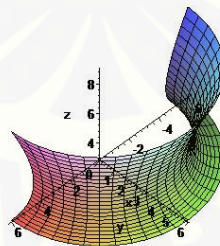


Gambar 2.22 Interpolasi antara dua kurva

h. Penyajian permukaan Bezier

Pada program Maple 13 untuk membangun permukaan Bezier misalnya permukaan Bezier g , seperti ditunjukkan pada Gambar 2.23 dapat dituliskan contoh *script* program sebagai berikut.

```
p:=( [4*(1-t)^2+5*2*(1-t)*t+t^2*0, 0*(1-t)^2+0*2*(1-
t)*t+t^2*0, 8*(1-t)^2+7*2*(1-
t)*t+t^2*7], t=0..1, color=red, thickness=5, labels=[x, y, z]):
z5:=spacecurve(p):display(z5):
g:=plot3d([ (6*(1-t)^2+3*2*(1-t)*t+t^2*6)*cos(v), (6*(1-
t)^2+3*2*(1-t)*t+t^2*6)*sin(v), (9*(1-t)^2+3*2*(1-
t)*t+t^2*3)], t=0..1, v=0..Pi, labels=[x, y, z], axes=normal, sc
aling=constrained):
```



Gambar 2.23 Permukaan Bezier

BAB 3. METODE PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah pada subbab 1.2 dan hasil kajian tinjauan pustaka pada bab 2, untuk penyelesaian permasalahan tersebut diuraikan langkah-langkah penelitian sebagai berikut.

a. Memodelisasi benda dasar geometri untuk membangun bagian-bagian komponen air mancur. Komponen air mancur terdiri atas bagian alas, bagian *transporter*, dan bagian puncak. Masing-masing bagian akan dilakukan modelisasi dengan urutan sebagai berikut.

1. Bagian Alas

Pada bagian alas memiliki bagian penampungan air dan bagian rongga pembuangan air. Berikut langkah-langkah untuk memodelisasi bagian penampungan air yang dimaksud :

- i. memodelisasi bagian penampungan air dengan menetapkan data untuk bola, tabung, dan prisma persegi panjang. Selanjutnya membangun potongan bola, tabung, dan prisma persegi panjang melalui pemancungan bidang sejajar XOY, ZOX, dan YOZ ataupun melalui sumbu-sumbu kartesius;
- ii. memodelisasi rongga pembuangan air pada bagian alas penampungan air berbentuk lubang berpermukaan lingkaran dan persegi.

2. Bagian *Transporter*

Pada bagian *transporter* memiliki bagian penampungan air dan bagian pancuran air. Uraian detail untuk kegiatan pemodelan ini sebagai berikut :

- i. menentukan jumlah penampungan air untuk *transporter*;
- ii. modelisasi masing-masing bagian penampungan air dengan bola, tabung, dan prisma persegi panjang seperti pada bagian alas;

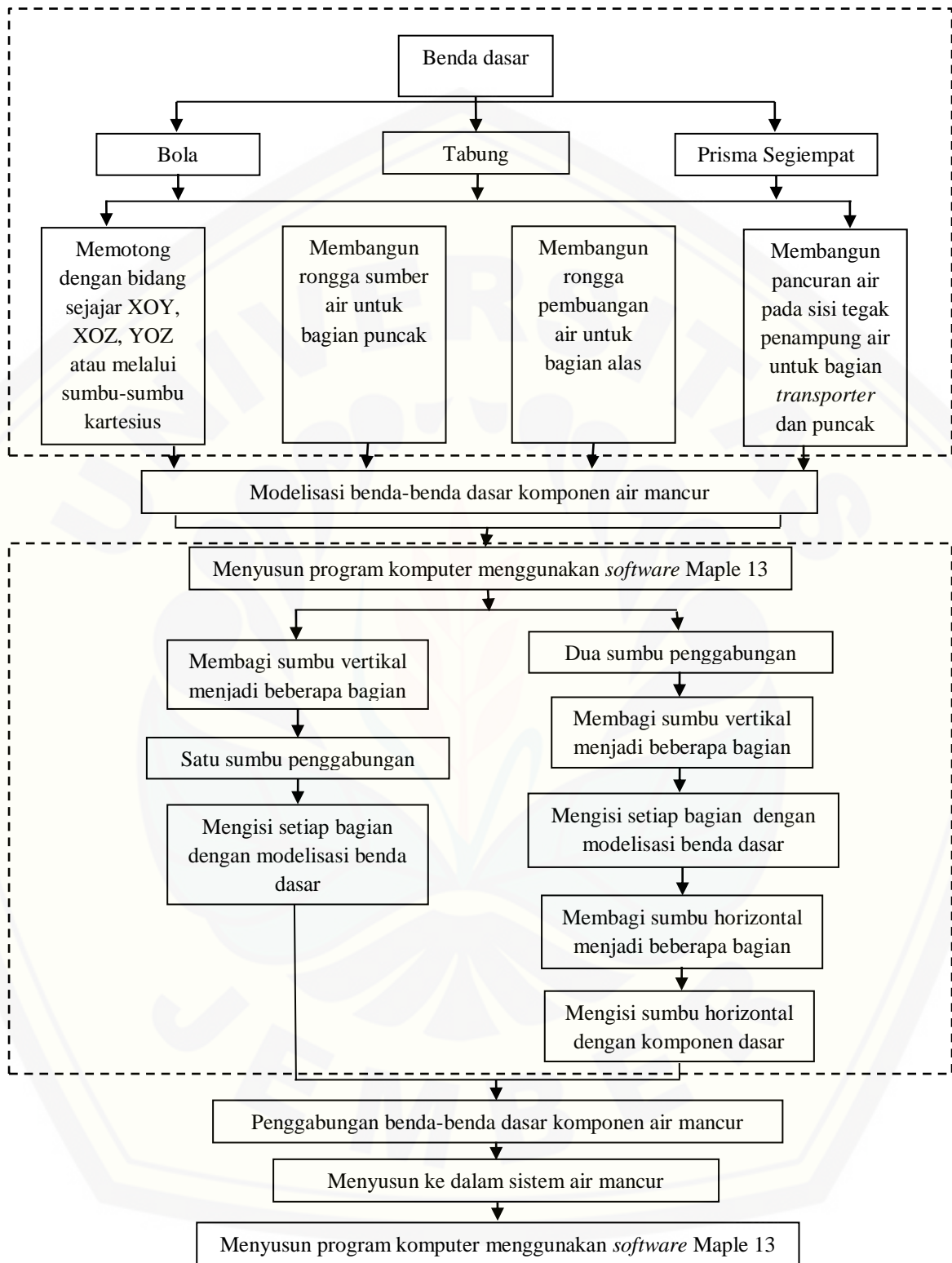
- iii. modelisasi bentuk pancuran air pada sisi tegak penampungan air untuk memindahkan air dari satu penampung ke penampung air berikutnya.

3. Bagian Puncak

Pada bagian puncak memiliki bagian penampungan air, bagian sumber air dan bagian pancuran air. Cara mengkonstruksinya sebagai berikut :

- i. modelisasi bagian penampungan air seperti pada bagian alas;
- ii. membangun rongga sumber air dengan benda geometri pada bagian alas penampungan air berupa lingkaran dan persegi;
- iii. modelisasi bentuk pancuran air pada sisi tegak penampungan air untuk memindahkan air dari bagian puncak ke transporter.
 - a. Programasi dan simulasi komputer menggunakan *software* Maple 13
- b. Penggabungan benda-benda dasar hasil modelisasi Kegiatan (1) untuk membangun komponen air mancur.
 - a. Menetapkan sumbu penggabungan untuk dapat mengontrol kesimetrian, ketinggian, dan jumlah benda yang perlu digabungkan.
 - b. Mengidentifikasi bentuk benda yang mempunyai bentuk dan ukuran sambungan yang sama sehingga dapat dilekatkan antara satu dengan yang lain.
 - c. Menggabungkan kontinu perlakuan (b).
 - d. Programasi dan simulasi komputer menggunakan *software* Maple 13.
- c. Implementasi contoh penataan air mancur untuk taman rumah melalui programasi dan simulasi komputer menggunakan *software* Maple 13.

Untuk lebih jelasnya dapat diuraikan pada skema (Gambar 3.1) berikut ini :



Gambar 3.1 Skema Metode Penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas tentang solusi dari masalah modelisasi air mancur. Pembahasan solusi tersebut dibagi ke dalam dua bagian. Pertama adalah pembahasan masalah modelisasi benda dasar komponen air mancur oleh pemotongan bola, tabung, dan prisma segiempat. Kedua adalah pembahasan masalah perangkaian beberapa benda-benda dasar komponen air mancur pada dua jenis sumbu penggabungan. Kemudian dilanjutkan dengan pembahasan hasil pada bagian pertama dan kedua. Uraian detail dari permasalahan tersebut dijelaskan sebagai berikut.

4.1 Modelisasi Benda Dasar Untuk Komponen Air Mancur

Sehubungan dengan permasalahan pada subbab 1.2a pada bagian ini dibahas penyelesaian permasalahan modelisasi bola, tabung, dan prisma persegi panjang untuk membangun komponen air mancur berupa alas, *transporter*, dan puncak air mancur dengan uraian sebagai berikut.

4.1.1 Pemodelan dengan Bola

Misalkan diberikan bola berjari-jari r dengan $10 \text{ cm} \leq r \leq 150 \text{ cm}$ dan berpusat di titik $P(0,0,0)$ (Gambar 4.1a). Pemilihan nilai r dalam selang tersebut dimaksudkan agar ukuran bentuk air mancur proporsional dan sesuai dengan taman rumah sebagai tempat peletakan air mancur. Berdasarkan data tersebut didesain beragam bentuk komponen penyusun air mancur dengan teknik pemotongan sebagai berikut.

a. Pemotongan dengan bidang datar horizontal

Pemotongan bola dengan bidang datar horizontal dapat dilakukan dengan satu pemotongan atau dua pemotongan berdasarkan ketinggian bola. Langkah-

langkah pemotongan bola dengan satu pemotongan bidang datar horizontal adalah sebagai berikut (Gambar 4.1b dan d).

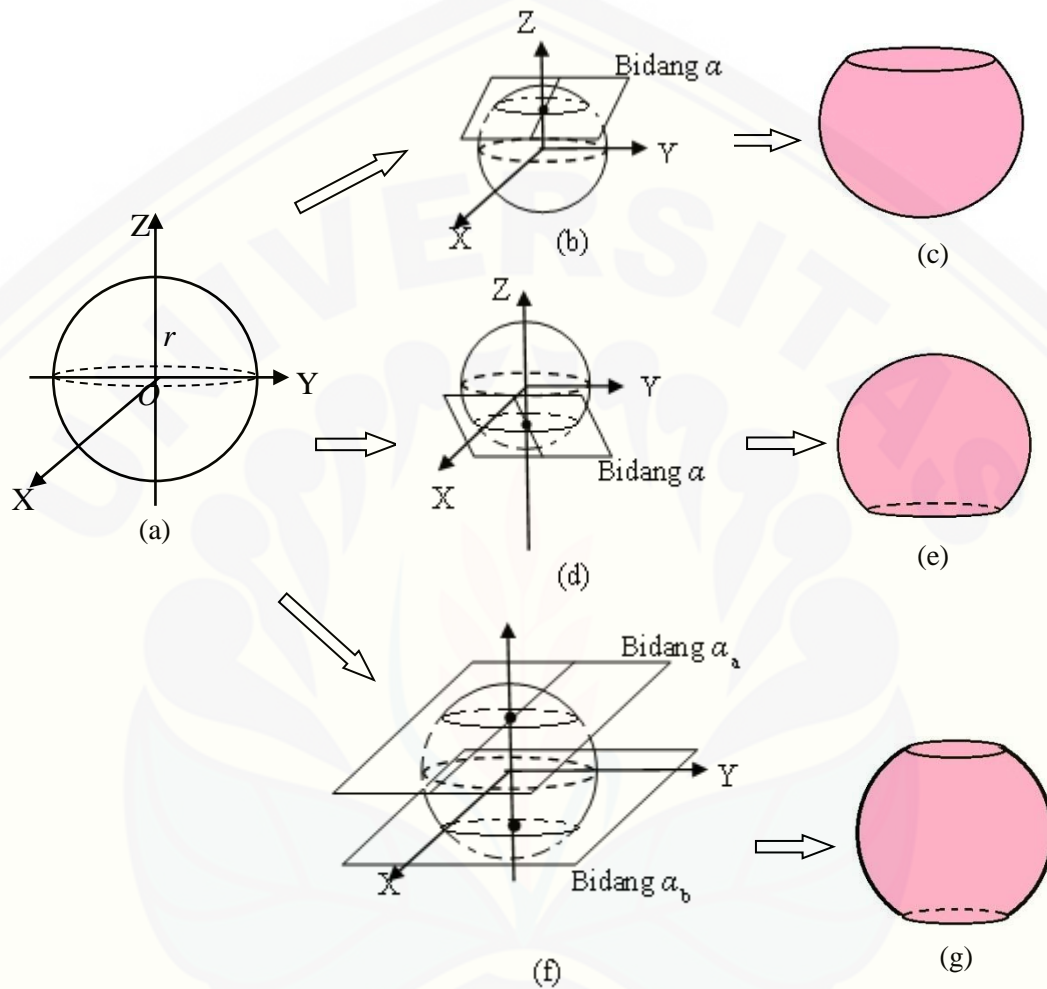
1. Tentukan titik $A(0,0,z_a)$ pada sumbu z di $\frac{1}{4}r \leq z_a \leq \frac{3}{4}r$ atau $\frac{1}{4}r \leq -z_a \leq \frac{3}{4}r$.

Pemilihan nilai A dimaksudkan agar pemotongan benda dasar proporsional.

2. Tentukan bidang datar α dengan persamaan $z = \pm a$.
3. Lakukan pemotongan untuk titik A di $z = a$ dengan mengambil bagian atas bidang datar α dan menetapkan bagian bawah permukaan bola. Pemotongan bola di titik A di $z = -a$, dengan mengambil bagian bawah bidang datar α dan menetapkan bagian atas permukaan bola dan bidang lingkaran hasil pemotongan bidang α sehingga didapat bola terpotong yang tertutup oleh bidang lingkaran.

Langkah-langkah pemotongan bola dengan dua pemotongan bidang datar horizontal adalah sebagai berikut (Gambar 4.1f).

1. Tentukan titik $A(0,0,a)$ pada sumbu z di $\frac{1}{4}r \leq z_a \leq \frac{3}{4}r$ dan titik $B(0,0,b)$ pada sumbu z di $\frac{1}{4}r \leq -z_b \leq \frac{3}{4}r$.
2. Tentukan bidang datar α_1 dengan persamaan $z = a$.
3. Tentukan bidang datar α_2 dengan persamaan $z = b$.
4. Lakukan pemotongan dengan mengambil bagian di antara bidang datar α_1 dan α_2 dan menetapkan bagian tengah permukaan bola dan bidang lingkaran hasil pemotongan bidang α_2 sehingga didapat bola terpotong yang tertutup oleh bidang lingkaran dibagian bawah.



Gambar 4.1 Pemotongan bola dengan satu atau dua bidang horizontal

b. Pemotongan dengan bidang datar vertikal

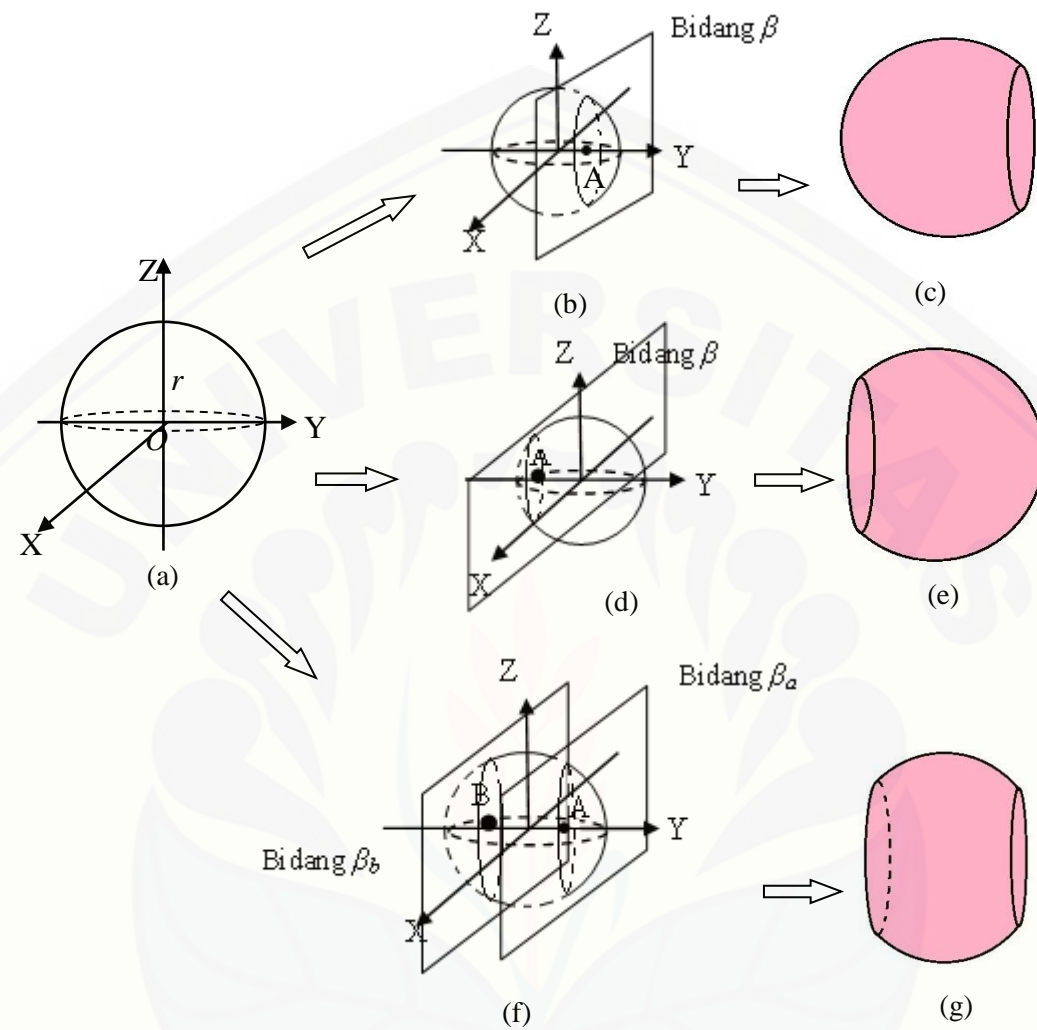
Pemotongan bola dengan bidang datar vertikal dapat dilakukan dengan satu pemotongan atau dua pemotongan berdasarkan jari-jari bola. Langkah-langkah pemotongan bola dengan satu pemotongan bidang datar vertikal adalah sebagai berikut (Gambar 4.2b dan d).

1. Tentukan titik B(0,0,b) pada sumbu y di $\frac{1}{4}r \leq y_b \leq \frac{3}{4}r$ atau $\frac{1}{4}r \leq -y_b \leq \frac{3}{4}r$.

2. Tentukan bidang datar β dengan persamaan $y = \pm b$.
3. Lakukan pemotongan untuk titik B di $y = b$ dengan mengambil bagian kiri bidang datar β dan menetapkan bagian kiri permukaan bola dan bidang lingkaran hasil pemotongan bidang β . Pemotongan bola di titik B di $y = -b$, dengan mengambil bagian kanan bidang datar β dan menetapkan bagian kanan permukaan bola dan bidang lingkaran hasil pemotongan bidang β sehingga didapat bola terpotong yang tertutup oleh bidang lingkaran.

Langkah-langkah pemotongan bola dengan dua pemotongan bidang datar vertikal adalah sebagai berikut (Gambar 4.2f).

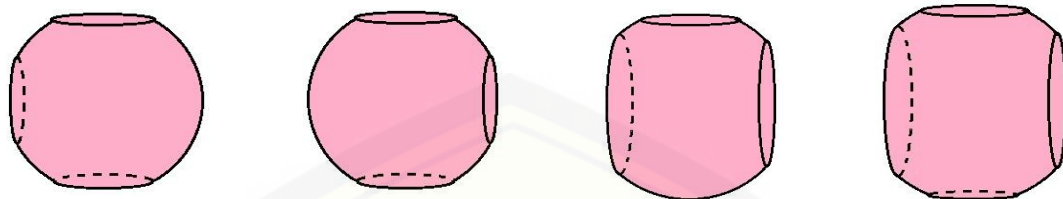
1. Tentukan titik A(0,a,0) pada sumbu z di $\frac{1}{4}r \leq y_a \leq \frac{3}{4}r$ dan titik B(0,0,b) pada sumbu z di $\frac{1}{4}r \leq -y_b \leq \frac{3}{4}r$.
2. Tentukan bidang datar β_1 dengan persamaan $y = a$.
3. Tentukan bidang datar β_2 dengan persamaan $y = b$.
4. Lakukan pemotongan dengan mengambil bagian di antara bidang datar β_1 dan β_2 dan menetapkan bagian tengah permukaan bola dan bidang lingkaran hasil pemotongan bidang β_1 dan β_2 sehingga didapat bola terpotong yang tertutup oleh bidang lingkaran dibagian sisi kanan kiri.



Gambar 4.2 Pemotongan bola dengan satu dan dua bidang vertikal

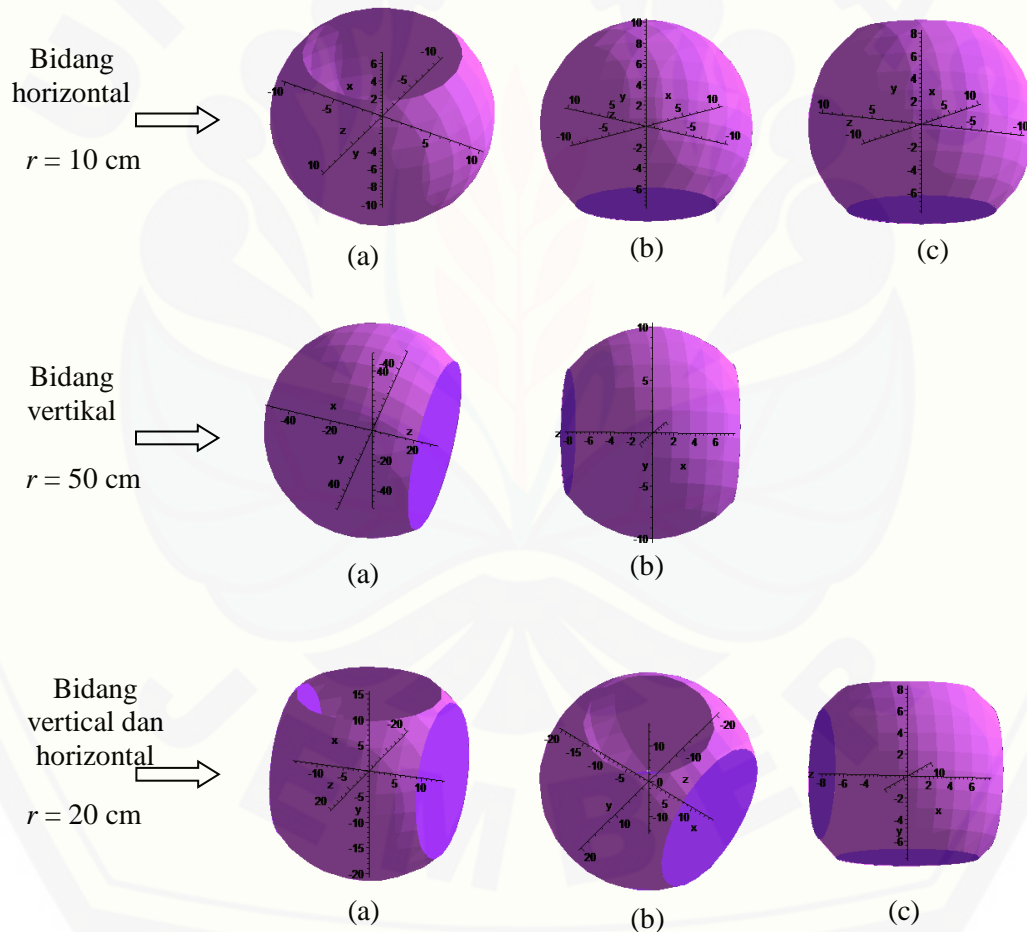
c. Pemotongan dengan bidang datar vertikal dan horizontal

Untuk mendapatkan pemotongan bola dengan bidang datar vertikal dan horizontal dapat dilakukan dengan penggabungan langkah (a) dan (b) (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Pemotongan bola dengan bidang vertikal dan horizontal

Dari prosedur pemotongan bola di atas, selanjutnya dapat dikembangkan beberapa bentuk modelisasi bola dengan pemotongan bola yang bermacam-macam dengan pengambilan nilai r , titik A, dan titik B yang berbeda. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.4 dibawah ini (Lampiran A.1).

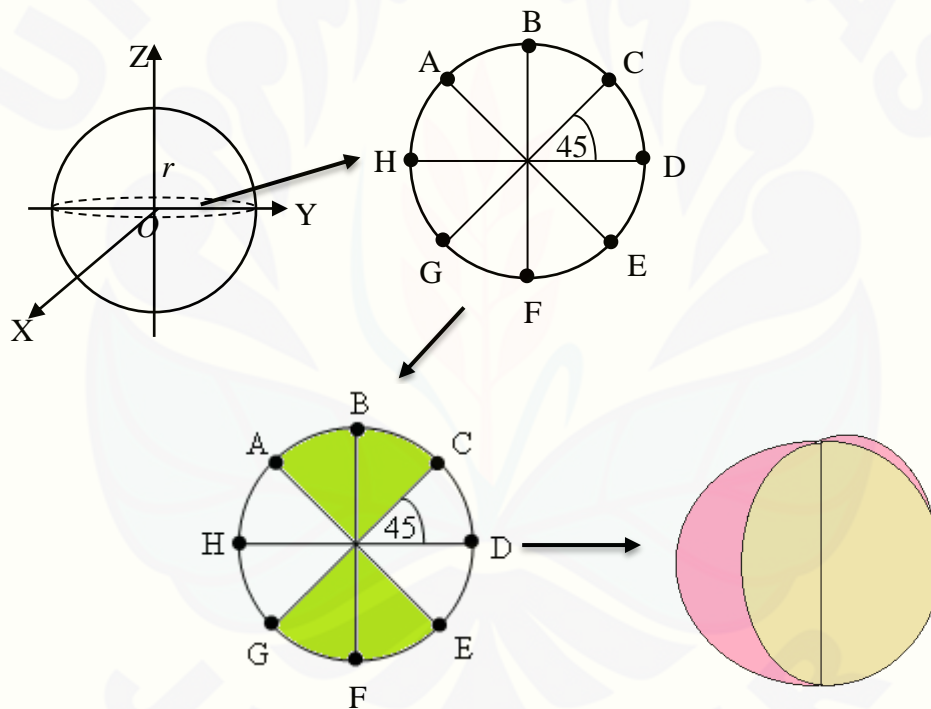


Gambar 4.4 Variasi bentuk pemotongan bola

d. Pemotongan dengan membentuk pola pada lingkaran tengah horizontal bola

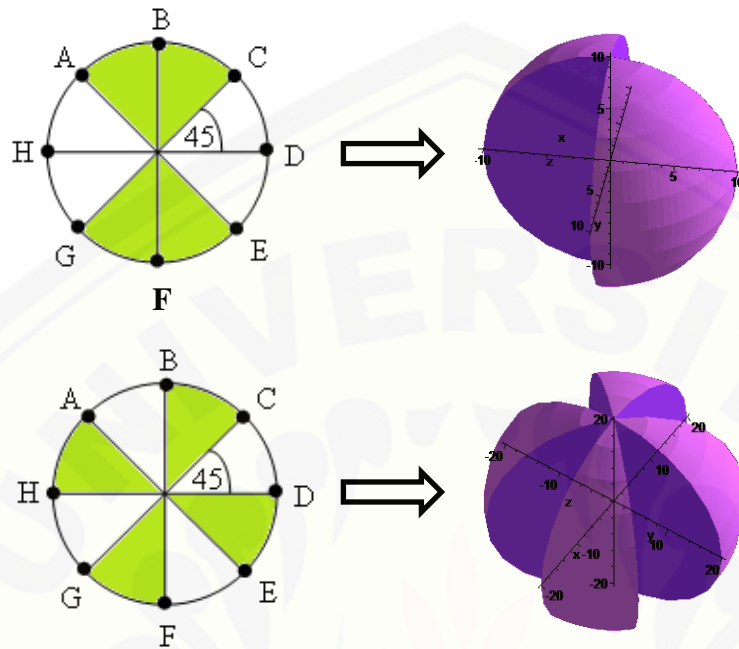
Langkah-langkah pemotongan bola dengan membentuk pola pada lingkaran tengah horizontal bola adalah sebagai berikut (Gambar 4.5).

1. Tentukan titik A,B,C,D,E,F,G,H di keliling lingkaran tengah horizontal bola dengan jarak $\theta = 45^\circ$ antara satu titik dengan titik yang lain.
2. Menghubungkan masing-masing titik di keliling lingkaran dengan titik pusat sehingga membentuk 8 busur lingkaran dengan $\theta = 45^\circ$.
3. Tentukan busur sebagai daerah yang akan dipilih.
4. Membangun potongan bola dengan pola yang terbentuk oleh penentuan busur.



Gambar 4.5 Variasi bentuk pemotongan bola dengan pola lingkaran tengah bola

Dari prosedur pemotongan bola di atas, selanjutnya dapat dikembangkan beberapa bentuk modelisasi bola dengan pengambilan pola busur pada lingkaran tengah bola yang bermacam-macam. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.6 dibawah ini (Lampiran A.1).



Gambar 4.6 Variasi bentuk pemotongan bola dengan menggunakan pola pada lingkaran tengah horizontal bola

4.1.2 Pemodelan dengan Tabung

Misalkan diberikan tabung berjari-jari r dengan $10 \text{ cm} \leq r \leq 150 \text{ cm}$, tinggi t dengan $10 \text{ cm} \leq t \leq 150 \text{ cm}$, dan berpusat di titik $P(0,0,0)$ (Gambar 4.7a). Pemilihan nilai r dan t dalam selang tersebut dimaksudkan agar ukuran bentuk air mancur proporsional dan sesuai dengan taman rumah sebagai tempat peletakan air mancur. Berdasarkan data tersebut didesain beragam bentuk komponen penyusun air mancur dengan teknik pemotongan sebagai berikut.

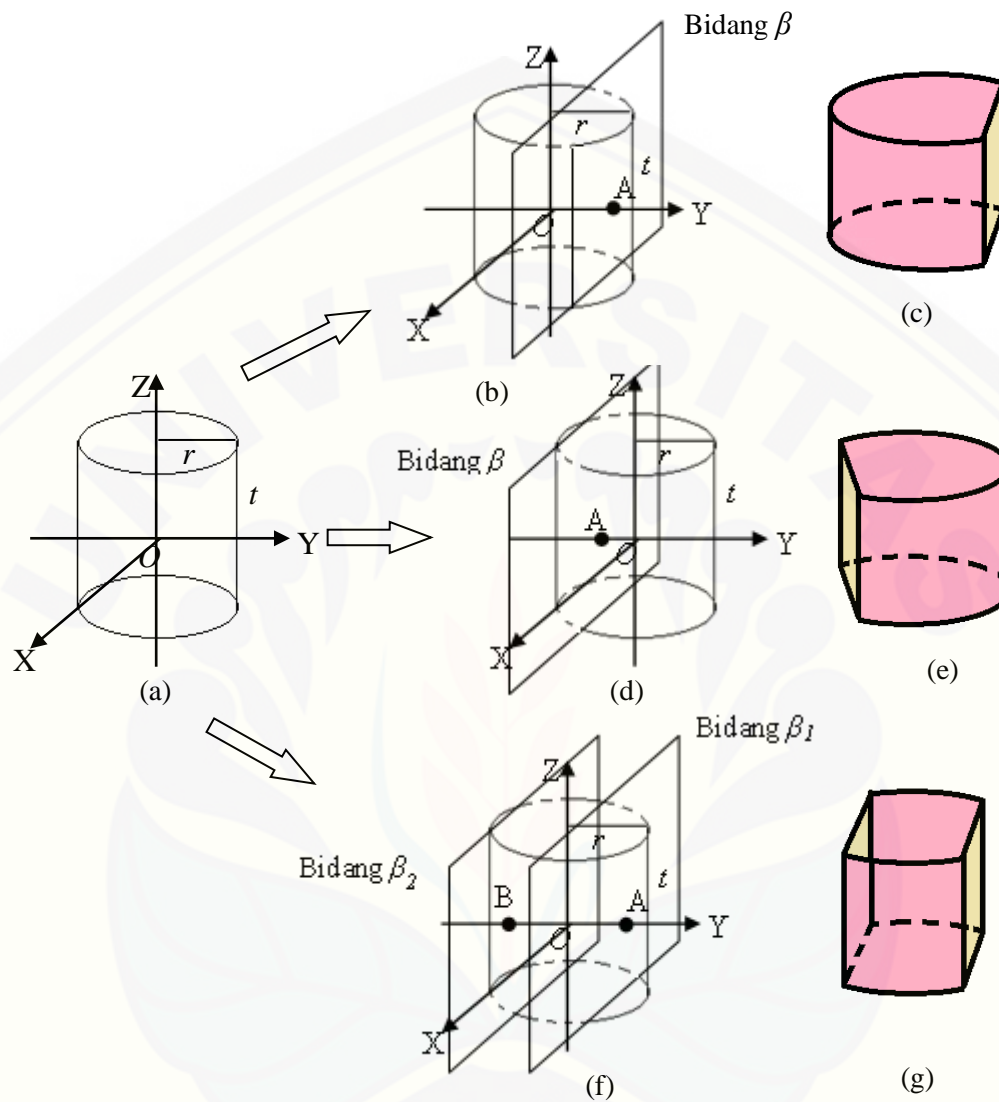
a. Pemotongan dengan bidang datar vertikal

Pemotongan dengan bidang datar horizontal dapat dilakukan satu pemotongan dan dua pemotongan. Langkah-langkah pemotongan tabung dengan satu pemotongan bidang datar vertikal adalah sebagai berikut (Gambar 4.7a dan b).

1. Tentukan titik $A(0,0,a)$ pada sumbu y di $\frac{1}{4}r \leq y_a \leq \frac{3}{4}r$ atau $\frac{1}{4}r \leq -y_a \leq \frac{3}{4}r$. Pemilihan nilai A dimaksudkan agar pemotongan benda dasar proporsional.
2. Tentukan bidang datar β dengan persamaan $y = \pm a$.
3. Lakukan pemotongan untuk titik A di $\frac{1}{4}r \leq y_a \leq \frac{3}{4}r$ dengan mengambil bagian kiri bidang datar β dan menetapkan bagian kiri permukaan tabung dan bidang segiempat hasil pemotongan bidang β . Pemotongan bola di titik B di $\frac{1}{4}r \leq -y_a \leq \frac{3}{4}r$, dengan mengambil bagian kanan bidang datar β dan menetapkan bagian kanan permukaan tabung dan bidang lingkaran hasil pemotongan bidang β sehingga didapat tabung terpotong yang tertutup oleh bidang segiempat.

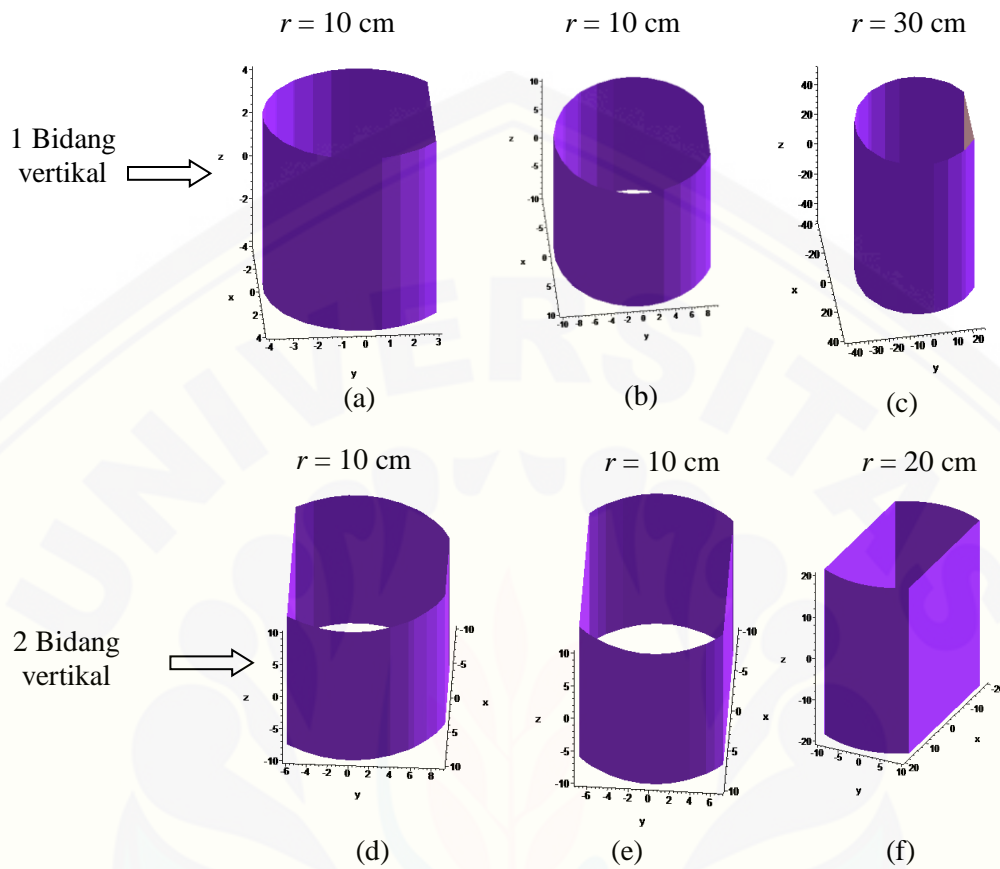
Langkah-langkah pemotongan tabung dengan dua pemotongan bidang datar vertikal adalah sebagai berikut (Gambar 4.7).

1. Tentukan titik $A(0,a,0)$ pada sumbu z di $\frac{1}{4}r \leq y_a \leq \frac{3}{4}r$ dan titik $B(0,0,b)$ pada sumbu z di $\frac{1}{4}r \leq -y_b \leq \frac{3}{4}r$.
2. Tentukan bidang datar β_1 dengan persamaan $y = a$.
3. Tentukan bidang datar β_2 dengan persamaan $y = b$.
4. Lakukan pemotongan dengan mengambil bagian di antara bidang datar β_1 dan β_2 dan menetapkan bagian tengah permukaan tabung dan bidang segiempat hasil pemotongan bidang β_1 dan β_2 sehingga didapat tabung terpotong yang tertutup oleh bidang segiempat dibagian sisi kanan kiri.



Gambar 4.7 Pemotongan tabung dengan satu dan dua bidang vertikal

Dari prosedur pemotongan tabung di atas, selanjutnya dapat dikembangkan beberapa bentuk modelisasi tabung dengan pengambilan titik A dan B yang bermacam-macam. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.8 dibawah ini (Lampiran A.2).



Gambar 4.8 Variasi bentuk pemotongan tabung

b. Pemodelan dengan benda putar

Langkah-langkah pemodelan tabung dengan benda putar adalah sebagai berikut (Gambar 4.9).

1. Tentukan $\mathbf{p}(0)$ pada lingkaran alas tabung dengan menetapkan nilai $\theta = 0$ pada persamaan lingkaran alas tabung sehingga didapat

$$\mathbf{p}(0) = \langle r \cos \theta, r \sin \theta, 0 \rangle, \quad (4.1)$$

2. Tentukan $\mathbf{p}(1)$ pada lingkaran atas tabung dengan menetapkan nilai $\theta = 0$ pada persamaan lingkaran alas tabung sehingga didapat

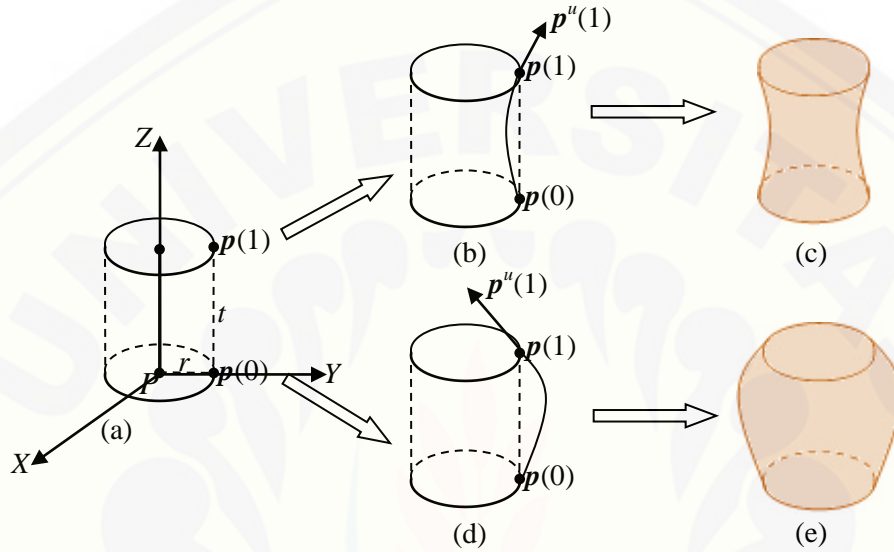
$$\mathbf{p}(1) = \langle r \cos \theta, r \sin \theta, t \rangle, \quad (4.2)$$

3. Tentukan vektor singgung $\mathbf{p}''(1)$ pada titik $\mathbf{p}(1)$ sehingga

$$p''(1) = \langle 0, y, z \rangle, \tag{4.3}$$

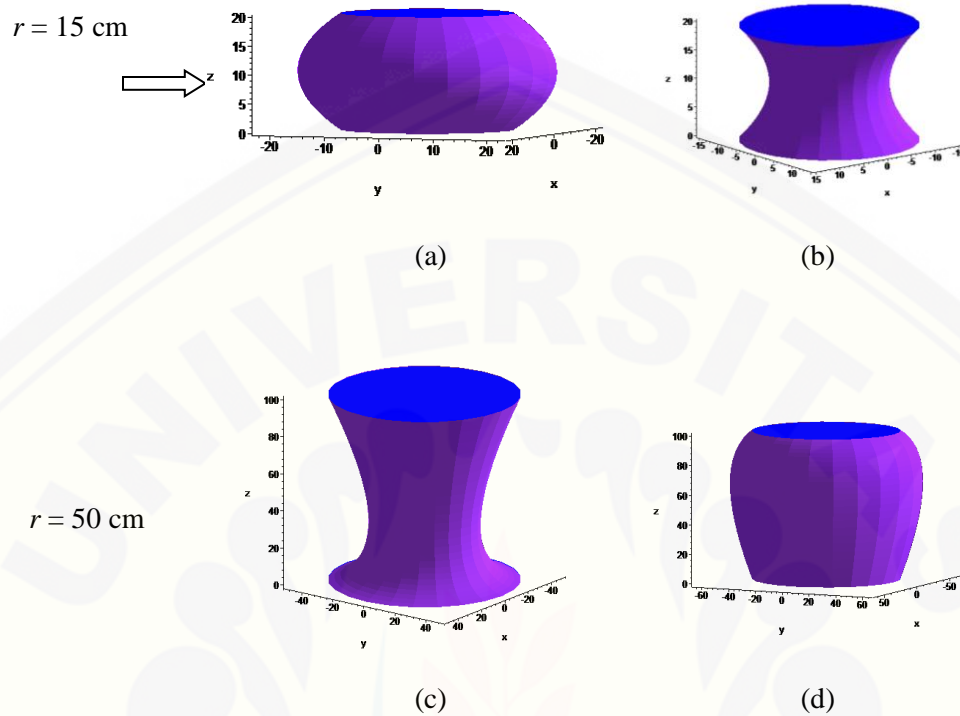
dengan $-5 \leq y, z \leq 5$ dan $y, z \in R$.

4. Bangun kurva Hermit kuadratik menggunakan persamaan (2.20).
5. Putar kurva Hermit terhadap sumbu Z menggunakan persamaan (2.21).



Gambar 4.9 Pemodelan tabung dengan bidang benda putar

Dari prosedur pemodelan tabung di atas, selanjutnya dapat dikembangkan beberapa bentuk modelisasi tabung dengan pengambilan r , t , dan titik singgung yang bermacam-macam. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.10 dibawah ini (Lampiran A.2).

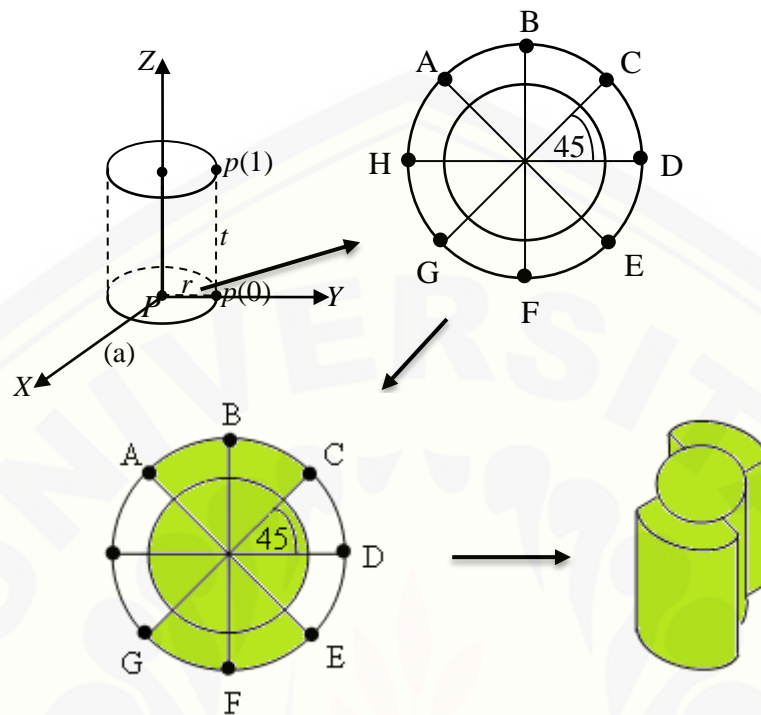


Gambar 4.10 Variasi bentuk pemotongan tabung

c. Pemotongan dengan menggunakan pola pada lingkaran alas

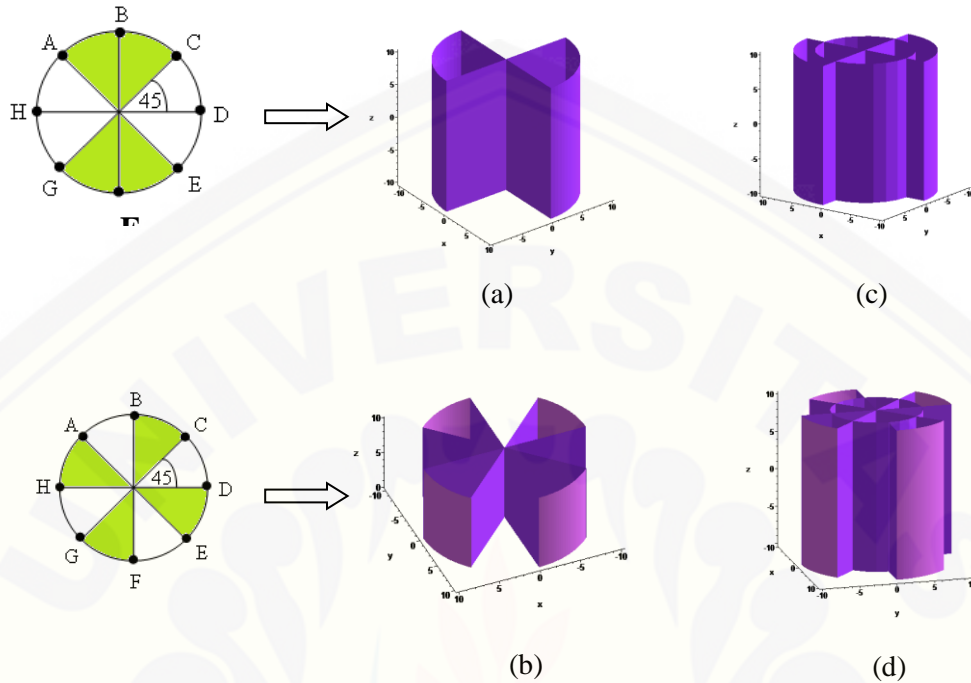
Langkah-langkah pemotongan tabung dengan membentuk pola pada lingkaran alas dan atas tabung adalah sebagai berikut (Gambar 4.11).

1. Tentukan titik A,B,C,D,E,F,G,H di keliling lingkaran alas dan atas dengan jarak $\theta = 45^\circ$ antara satu titik dengan titik yang lain.
2. Menghubungkan masing-masing titik di keliling lingkaran dengan titik pusat sehingga membentuk 8 busur lingkaran dengan $\theta = 45^\circ$.
3. Tentukan busur sebagai daerah yang akan dipilih.
4. Membuat lingkaran dengan $r < r_{\text{alastabung}}$
5. Membangun potongan tabung dengan pola yang terbentuk oleh penentuan busur dan lingkaran.



Gambar 4.11 Pemotongan tabung dengan pola pada lingkaran alas

Dari prosedur pemotongan tabung di atas berdasarkan pola, selanjutnya dapat dikembangkan beberapa bentuk modelisasi tabung dengan pengambilan busur yang bermacam-macam. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.12 dibawah ini (Lampiran A.2).



Gambar 4.12 Variasi pemotongan tabung dengan pola pada lingkaran alas

4.1.3 Pemodelan dengan Prisma Persegi

Misalnya diberikan prisma segiempat beraturan dengan koordinat pasangan titik ujung-titik ujung rusuk $[K_i(x_i, y_i, z_i), K_i'(x_i, y_i, z_i+t)]$ dengan $i=1,2,\dots,4$ dan tinggi t dengan $1 \text{ cm} \leq t \leq 10$. Masing-masing sisi alas bawah dan atas bertitik berat di titik $P(0,0,0)$ dan $P'(0,0,t)$ (Gambar 4.1). Jarak titik P ke K_i dan P' ke K_i' $10 \text{ cm} \leq r \leq 150 \text{ cm}$. Dalam hal ini, $\overline{PP'}$ diambil sebagai sumbu simetri prisma segiempat beraturan (Gambar 4.13). Selanjutnya dilakukan pemotongan prisma dengan alternatif bentuk sebagai berikut.

a. Pemotongan dengan bidang datar vertikal

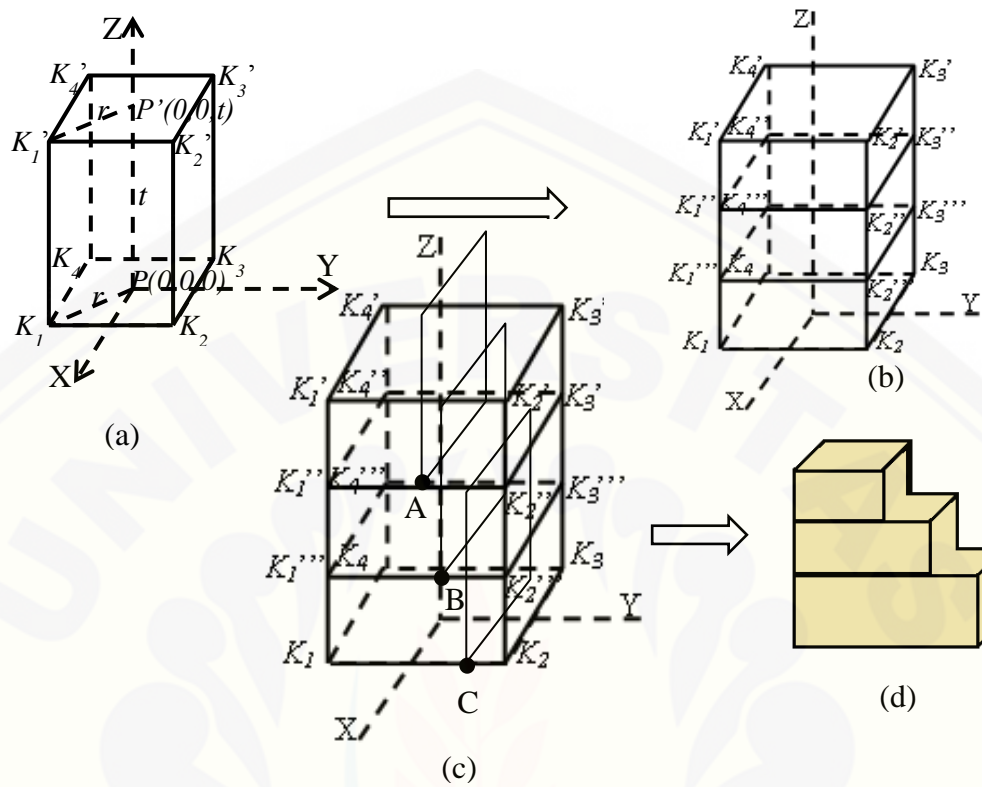
Pemotongan dengan bidang datar vertikal dapat dilakukan banyak pemotongan. Langkah-langkah pemotongan prisma persegipanjang dengan banyak pemotongan bidang datar vertical adalah sebagai berikut (Gambar 4.13a dan b).

1. Kasus ini tindakannya adalah menentukan titik tengah pada pasangan rusuk $K_i K_i'$ untuk $i = 1, 2, \dots, 4$ dengan formula

$$K_i'' = \frac{K_i + K_i'}{3} \quad (4.4)$$

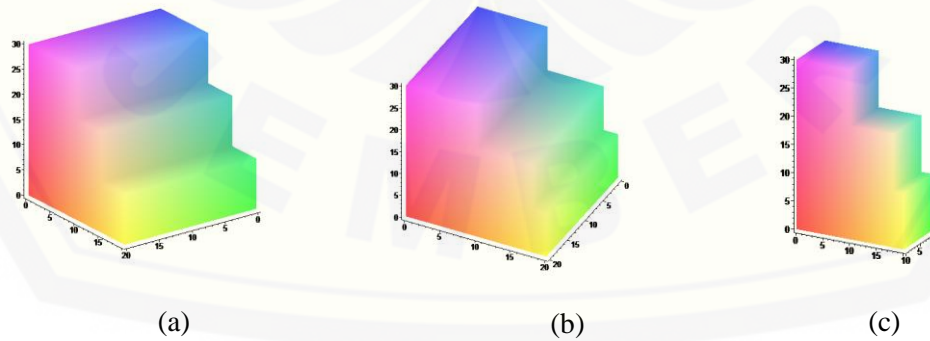
dimana $i = 1, 2, \dots, 4$ (Gambar 4.13b) sehingga prisma terbagi menjadi 3 bagian.

2. Tentukan titik $A(0,0,a)$ pada $\frac{1}{2} \overline{K''_1 K''_2} < a < \frac{2}{3} \overline{K''_1 K''_2}$, $B(0,0,b)$ pada $\frac{2}{3} \overline{K'''_1 K'''_2} < b < \frac{3}{4} \overline{K'''_1 K'''_2}$, dan $C(0,0,c)$ pada $\frac{3}{4} \overline{K_1 K_2} < c < \overline{K_1 K_2}$.
3. Tentukan bidang datar α_1 dengan persamaan $y = a$, bidang datar α_2 dengan persamaan $y = b$, dan bidang datar α_3 dengan persamaan $y = c$.
4. Lakukan pemotongan dengan mengambil bagian di sebelah kanan bidang datar α_1 , α_2 , dan α_3 pada masing-masing bagian dan menetapkan bagian bidang hasil pemotongan masing-masing bidang sehingga didapat prisma terpotong bertingkat yang tertutup oleh bidang potong.



Gambar 4.13 Pemotongan prisma dengan bidang vertical

Dari prosedur pemotongan prisma di atas berdasarkan pembagian prisma, selanjutnya dapat dikembangkan beberapa bentuk modelisasi tabung dengan pengambilan titik A,B, dan C yang bermacam-macam. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.14 dibawah ini (Lampiran A.3).



Gambar 4.14 Pemotongan prisma dengan membagi prisma menjadi 3 bagian

b. Pemodelan dengan bidang lengkung vertikal

Langkah-langkah membangun sisi tegak prisma menjadi lengkung cekung dan lengkung cembung dijelaskan sebagai berikut (Gambar 4.15):

a) Tetapkan titik K_i dan K_i'' dengan $i = 1, 2, \dots, 4$ sebagai titik kontrol untuk kurva Bezier linier (Gambar 4.15a).

b) Tetapkan titik kontrol Q pada $\overline{PP'}$ untuk mengontrol kelengkungan kurva Bezier kuadrat (Gambar 4.15b), yaitu

$$Q = \langle 0, 0, \frac{1}{4}z \rangle \quad (4.5)$$

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 , $1\frac{1}{4}r \leq r \leq 1\frac{1}{2}r$ untuk sisi tegak cembung.

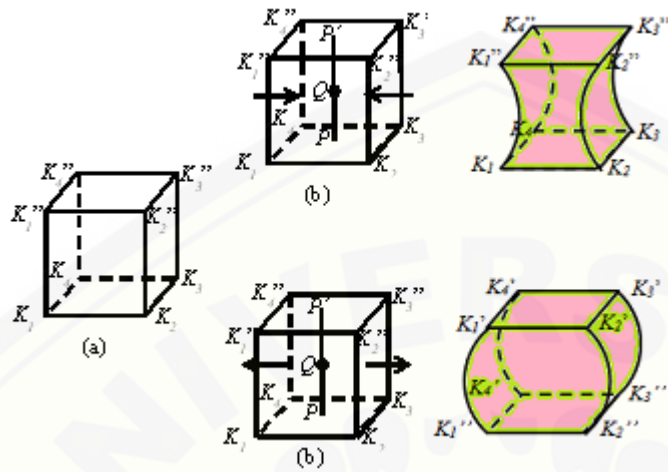
c) Bangun kurva Bezier kuadrat untuk setiap pasangan titik kontrol (K_i, Q, K_i'') seperti pada persamaan berikut (Gambar 4.15c)

$$S(u, v) = (1 - u) \cdot \overline{C}_1(u) + v \cdot \overline{C}_2(u) \quad (4.3)$$

dimana:

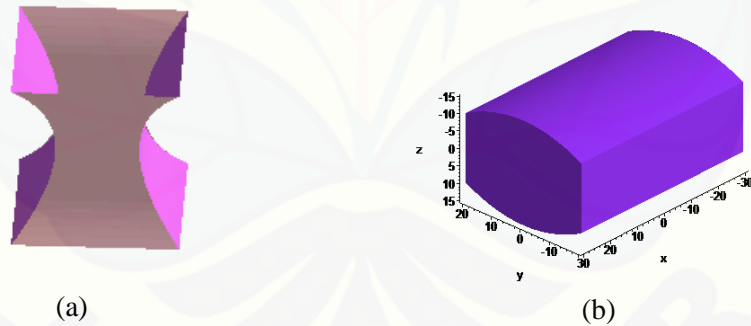
$$\begin{aligned} \overline{C}_1(u) &= \overline{K}_1(1 - u)^2 + 2\overline{Q}(1 - u)u + \overline{K}_1''u^2\overline{C}_2(u) \\ &= \overline{K}_2(1 - u)^2 + 2\overline{Q}(1 - u)u + \overline{K}_2''u^2. \end{aligned}$$

d) Interpolasikan secara linier masing-masing kurva Bezier melalui Persamaan (2.6) secara berpasangan dan berurutan berlawanan arah jarum jam (Gambar 4.15).



Gambar 4.15 Pemotongan prisma dengan bidang lengkung vertical

Dari prosedur pemotongan prisma di atas berdasarkan pembagian prisma, selanjutnya dapat dikembangkan beberapa bentuk modelisasi tabung dengan pengambilan titik A,B, dan C yang bermacam-macam. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.16 dibawah ini (Lampiran A.3).



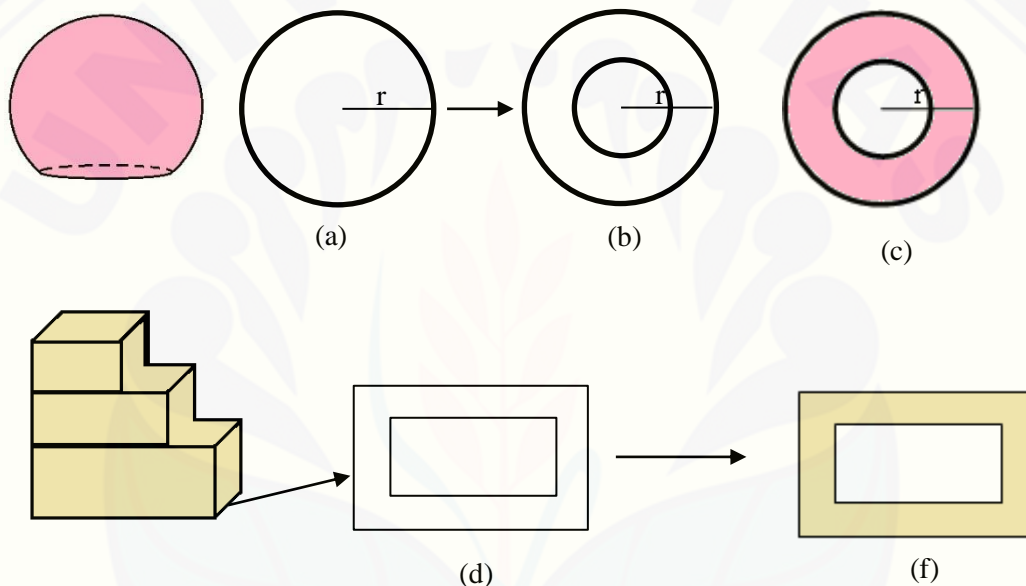
Gambar 4.16 Pemotongan prisma dengan bidang lengkung

4.1.4 Membangun rongga sumber air, rongga pembuangan air, dan pancuran air

a. Membangun rongga sumber air dan rongga pembuangan air

Langkah-langkah membangun rongga sumber air dan rongga pembuangan air berupa lingkaran dan persegi dijelaskan sebagai berikut (Gambar 4.17):

1. Tetapkan benda-benda geometri terpancung sesuai hasil 4.1a, hasil 4.1b, hasil 4.1c yang akan dijadikan bagian alas dan puncak.
2. Tetapkan lingkaran atau persegi tutup atas bagian alas benda-benda geometri terpancung.
3. Bangun lingkaran dengan $r < r_{\text{lingkaran alas}}$ atau persegi panjang dengan $r < r_{\text{rusuk persegi}}$.
4. Interpolasikan lingkaran luar dan lingkaran dalam atau interpolasikan persegi luar dengan persegi dalam.



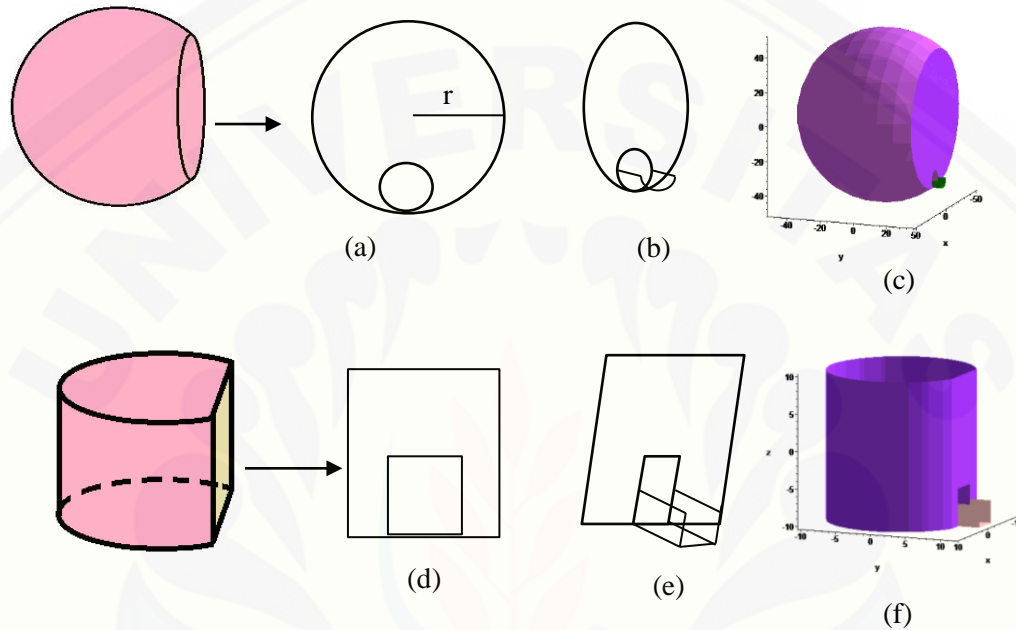
Gambar 4.17 Pembuatan rongga sumber air dan rongga pembuangan air

b. Membangun pancuran air

Langkah-langkah membangun rongga sumber air dan rongga pembuangan air berupa lingkaran dan persegi dijelaskan sebagai berikut (Gambar 4.18).

1. Tetapkan benda-benda geometri terpancung sesuai hasil 4.1a, hasil 4.1b, hasil 4.1c yang akan dijadikan bagian puncak dan transporter.
2. Tetapkan bagian yang akan diberi lubang pada sisi tegak penampungan air.
3. Bangun lingkaran dengan $r < r_{\text{lingkaran sisi tegak penampungan air}}$ atau persegi panjang dengan $r < r_{\text{rusuk sisi tegak penampungan air}}$.

4. Interpolasikan lingkaran luar dan lingkaran dalam atau interpolasikan persegi luar dengan persegi dalam.
5. Beri setengah tabung dengan $r=2$ pada lingkaran dan setengah prisma dengan $r=2$ pada persegi untuk mengalirkan air.



Gambar 4.18 Pembuatan rongga pancuran air

4.2 Perangkaian Benda Dasar Komponen Air Mancur pada Sumbu Penggabungan

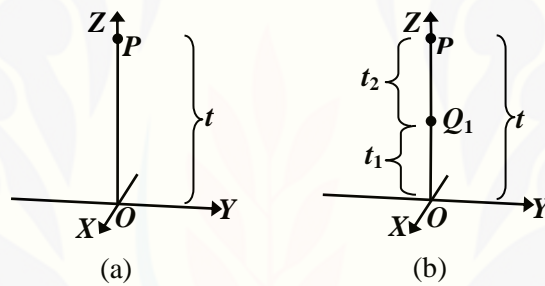
Dari hasil perlakuan 4.1 selanjutnya untuk mendapatkan bentuk utuh komponen air mancur yang tergabung secara kontinu maka pada bagian ini dilakukan perangkaian beberapa benda-benda dasar komponen air mancur pada sumbu penggabungan benda dasar komponen air mancur. Dalam hal ini terdapat dua pilihan model sumbu penggabungan benda dasar yaitu model satu sumbu dan model dua sumbu. Pada model satu sumbu terdapat satu sumbu tegak vertikal, model dua sumbu terdapat sumbu vertikal dan horizontal yang saling tegak lurus. Uraian detail dari permasalahan tersebut dijelaskan sebagai berikut.

4.2.1 Model Komponen Air Mancur dengan Satu Sumbu Penggabungan

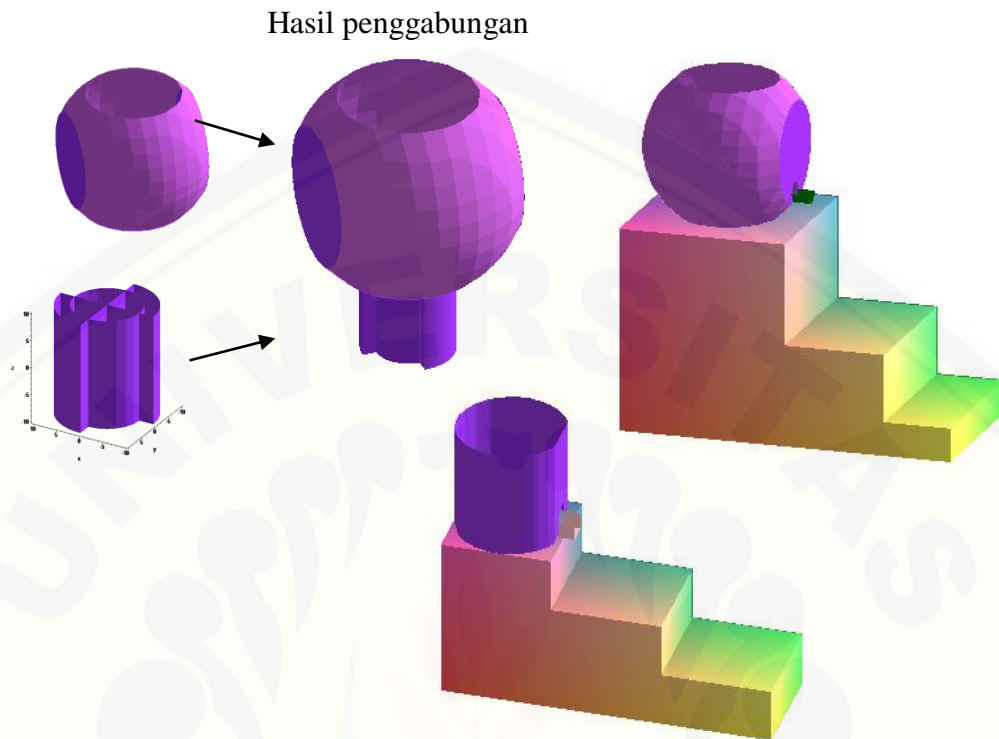
Misalkan diberikan sumbu vertikal \overline{OP} dengan koordinat titik-titik ujung $O(0,0,0)$ dan $P(0,0,t)$ sehingga t merupakan tinggi komponen air mancur. Untuk mendapatkan ukuran yang ideal, maka nilai t diambil dalam rentang $50 \text{ cm} \leq t \leq 150 \text{ cm}$ disesuaikan dengan kegunaan air mancur tersebut (Gambar 4.19a). Berdasarkan data tersebut dilakukan perangkaian model air mancur dengan satu sumbu dijelaskan secara detail sebagai berikut (Lampiran B.1).

1. Bagi sumbu \overline{OP} menjadi 2 bagian segmen non homogen dengan perbandingan tinggi masing-masing bagian $t_1 : t_2$ dengan $t_1 = \mu_1 t$ dan $t_2 = t - t_1$, sehingga terdapat titik-titik $O(0,0,0)$, $Q_1(0,0,t_1)$, dan $P(0,0,t)$ pada sumbu \overline{OP} secara terurut dengan $0,1 \leq \mu_1 \leq 0,5$. Perbandingan tinggi tersebut bertujuan untuk mendapatkan komponen air mancur yang secara keseluruhan proporsional (Gambar 4.19b).
2. Isi bagian $\overline{OQ_1}$ dan $\overline{Q_1P}$ dengan benda-benda dasar komponen air mancur hasil perlakuan subbab 4.1 dengan langkah pengisian sebagai berikut.
 - a. Untuk bagian $\overline{OQ_1}$, bangun tabung atau prisma persegi empat dengan tinggi $t_1 = \mu_1 t$ dan jari-jari $r_1 = \lambda_1 t_1$, $2 \leq \lambda_1 \leq 3$, dijelaskan sebagai berikut.
 - i. Tabung
 - bangun lingkaran dengan titik pusat O dan jari-jari r_1 menggunakan persamaan (2.7);
 - translasikan lingkaran tersebut searah sumbu Z sejauh t_1 menggunakan persamaan (2.8).
 - ii. Prisma persegi empat
 - bangun persegi empat dengan titik pusat O dan jari-jari r_1 ;
 - translasikan persegi empat tersebut searah sumbu Z sejauh t_1 .
 - b. Lakukan pemodelan pada benda dasar hasil langkah (2.a) dengan ketentuan sebagai berikut.
 - i. untuk benda dasar tabung, lakukan pemotongan menggunakan teknik pemotongan dengan pola (Gambar 4.19a);

- ii. untuk benda dasar prisma persegi empat, lakukan pemotongan menggunakan bidang vertical (Gambar 4.19b).
- c. Untuk bagian $\overline{Q_1P}$, bangun bola dengan jari-jari $r_2 = \lambda_2 t_2$, $\frac{1}{2} \leq \lambda_2 \leq 1$, dijelaskan sebagai berikut.
- bangun bola dengan titik pusat Q_1 dan jari-jari r_2 ;
 - translasikan bola tersebut searah sumbu Z sejauh t_2 .
- d. Lakukan pemotongan pada bola hasil langkah (2.c) menggunakan bidang horizontal dan vertikal (Gambar 4.19).
3. Gabungkan kedua benda dasar komponen air mancur (Gambar 4.20).



Gambar 4.19 Sumbu tegak penggabungan



Gambar 4.20 Contoh penggabungan dengan menggunakan satu sumbu penggabungan

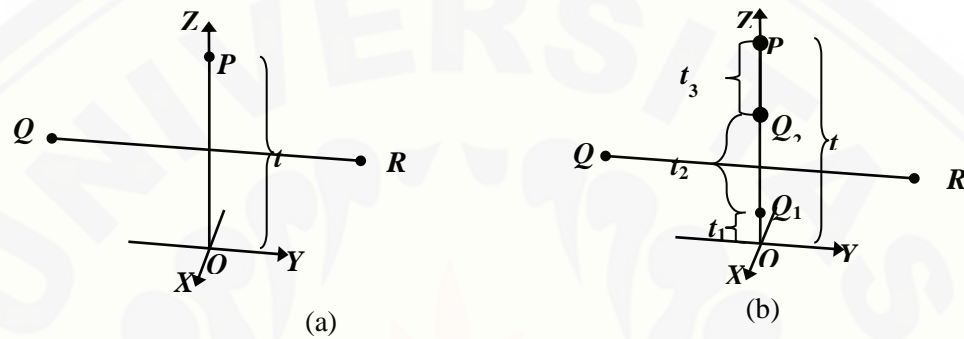
4.2.2 Model Komponen Air Mancur dengan Dua Sumbu Penggabungan

Misalkan diberikan sumbu vertikal \overline{OP} dan sumbu horizontal \overline{QR} . Pada umumnya tinggi sumbu vertikal (t) dan panjang sumbu horizontal (l) adalah $10 \text{ cm} \leq t \leq 150 \text{ cm}$ dan $l = t$ sehingga diperoleh koordinat titik-titik ujung $O(0,0,0)$, $P(0,0,t)$, $Q(0,-t,t)$, dan $R(0,t,t)$ (Gambar 4.21). Berdasarkan data tersebut dilakukan perangkaian model komponen air mancur dengan dua sumbu yang dijelaskan secara detail sebagai berikut (Lampiran B.2).

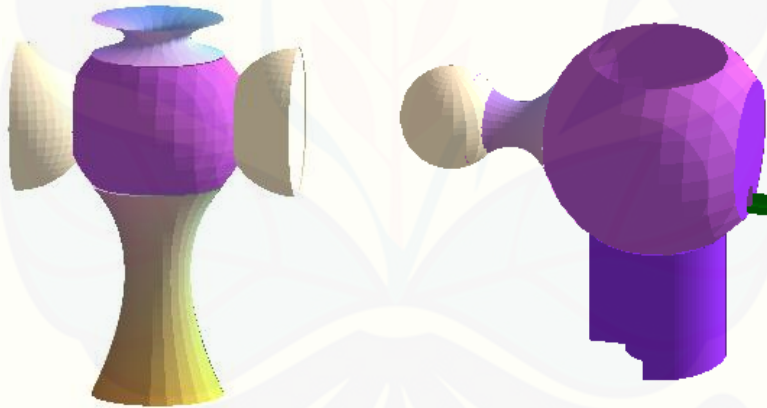
1. Bagi sumbu \overline{OP} menjadi 3 bagian segmen non homogen sebagai sumbu penggabungan benda dasar komponen air mancur dengan perbandingan tinggi masing-masing bagian $t_1 : t_2 : t_3$ dengan $t_1 = \mu_1 t$, $t_2 = t - t_1$, $t_3 = t_2 - t_1$ dan $15 \leq \mu_1 \leq 50$ sehingga terdapat titik-titik $O(0,0,0)$, $Q_1(0,0,t_1)$, $Q_2(0,0,t_2+t_1)$, dan $P(0,0,t)$ pada sumbu \overline{OP} secara terurut (Gambar 4.21).

2. Isi bagian $\overline{OQ_1}$ dan $\overline{Q_1P}$ dengan benda-benda dasar komponen air mancur hasil perlakuan subbab 4.1 dengan langkah pengisian sebagai berikut.
- a. Untuk bagian $\overline{OQ_1}$, bangun tabung atau prisma persegi empat dengan tinggi $t_1 = \mu_1 t$ dan jari-jari $r_1 = \lambda_1 t_1$, $2 \leq \lambda_1 \leq 3$, dijelaskan sebagai berikut.
 - i. Tabung
 1. bangun lingkaran dengan titik pusat O dan jari-jari r_1 menggunakan persamaan (2.7);
 2. translasikan lingkaran tersebut searah sumbu Z sejauh t_1 menggunakan persamaan (2.8).
 - ii. Prisma persegi empat
 - bangun persegi empat dengan titik pusat O dan jari-jari r_1 ;
 - translasikan persegi empat tersebut searah sumbu Z sejauh t_1 .
 - b. Lakukan pemodelan pada benda dasar hasil langkah (2.a) dengan ketentuan sebagai berikut.
 - i. untuk benda dasar tabung, lakukan pemotongan menggunakan teknik pemotongan dengan pola (Gambar 4.19a);
 - ii. untuk benda dasar prisma persegi empat, lakukan pemotongan menggunakan bidang vertical (Gambar 4.19b).
 - c. Untuk bagian $\overline{Q_1Q_2}$, bangun bola dengan jari-jari $r_2 = \lambda_2 t_2$, $\frac{1}{2} \leq \lambda_2 \leq 1$, dijelaskan sebagai berikut.
 - i. bangun bola dengan titik pusat Q_1 dan jari-jari r_2 ;
 - ii. translasikan bola tersebut searah sumbu Z sejauh t_2 .
 - d. Lakukan pemotongan pada bola hasil langkah (2.c) menggunakan bidang horizontal dan vertikal (Gambar 4.19).
 - e. Untuk bagian $\overline{Q_2P}$, bangun tabung dengan tinggi $t_3 = t_2 - t_1$ dan jari-jari $r_3 = \lambda_3 t_3$, $10 \leq \lambda_3 \leq 150$, dijelaskan sebagai berikut.
 - i. bangun tabung dengan titik pusat Q_3 dan jari-jari r_3 ;

- ii. translasikan tabung tersebut searah sumbu Z sejauh t_3 .
- f. Lakukan penggabungan pada tabung hasil langkah (2.c) menggunakan benda putar (Gambar 4.21).
- 3. Untuk sumbu \overline{QR} , lakukan seperti perlakuan 1 dan 2.
- 4. Gabungkan semua bagian komponen (Gambar 4.22).



Gambar 4.21 2 sumbu penggabungan



Gambar 4.22 Contoh penggabungan dengan menggunakan dua sumbu penggabungan

4.2.3 Implementasi Contoh Penataan Air Mancur untuk Taman Rumah

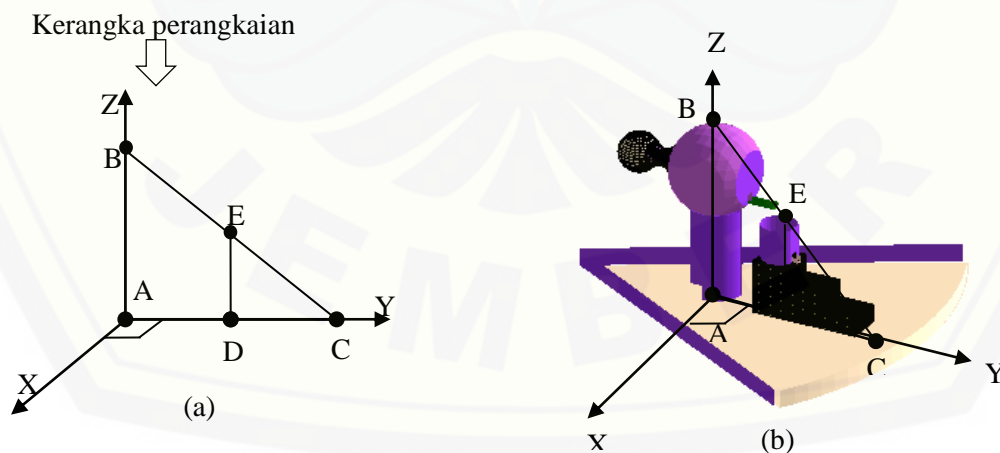
Dari hasil penelitian 4.2.1 dan 4.2.2 selanjutnya untuk mendapatkan bentuk utuh komponen air mancur yang tergabung secara kontinu maka pada bagian ini dilakukan perangkaian beberapa benda-benda dasar komponen air mancur pada suatu

area yaitu taman rumah. Dalam hal ini dapat dicontohkan dengan menggunakan satu atau banyak kerangka segitiga tegak siku-siku di ruang XYZ (Gambar 4.23a). Implementasinya dijelaskan sebagai berikut.

a. Penataan air mancur dengan satu kerangka segitiga tegak siku-siku

Langkah-langkah merangkai komponen air mancur dengan menggunakan satu kerangka tegak segitiga siku-siku dijelaskan sebagai berikut (Gambar 4.23)

1. Bangun kerangka segitiga tegak siku-siku ABC dengan titik $A(0,0,0)$, $B(0,0,b)$, dan $C(0,c,0)$.
2. Tentukan titik D yang berada di $(0, \frac{1}{2}\overline{AC}, 0)$. Proyeksikan titik D ke \overline{BC} .
3. Menetapkan \overline{AB} sebagai sumbu komponen air mancur bagian puncak kemudian membangun komponen air mancur bagian puncak dengan alas komponen air mancur berhimpit di titik A, lubang jalannya air searah dengan sumbu Y, dan titik ujung saluran air berhimpit dengan titik E.
4. Menetapkan \overline{DE} sebagai sumbu komponen air mancur bagian *transporter* kemudian membangun komponen air mancur bagian *transporter* dengan alas komponen air mancur searah dengan \overline{DC} dan lubang penampungan air untuk posisi yang tertinggi berhimpit dengan \overline{DE} .
5. Validasi programasi teknik tersebut diperlihatkan dalam lampiran B.3

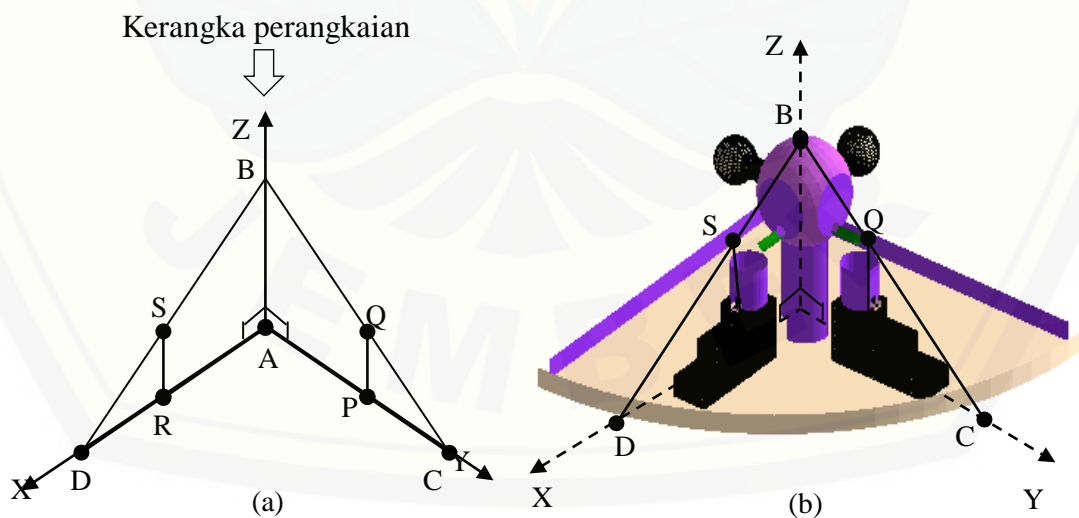


Gambar 4.23 Implementasi air mancur dengan satu segitiga

b. Dua kerangka segitiga tegak siku-siku

Langkah-langkah merangkai komponen air mancur dengan menggunakan dua kerangka tegak segitiga siku-siku dijelaskan sebagai berikut (Gambar 4.24)

1. Bangun kerangka segitiga tegak siku-siku ABC dengan titik $A(0,0,0)$, $B(0,0,b)$, dan $C(0,c,0)$ dan segitiga tegak siku-siku ABD dengan titik $A(0,0,0)$, $B(0,0,b)$, dan $D(d,0,0)$ dimana sudut yang terbentuk antara \overline{AC} dan \overline{AD} adalah 90° .
2. Tentukan titik P yang berada di $(0, \frac{1}{2}\overline{AC}, 0)$. Proyeksikan titik P ke BC.
3. Tentukan titik R yang berada di $(0, \frac{1}{2}\overline{AD}, 0)$. Proyeksikan titik R ke BD.
4. Menetapkan \overline{AB} sebagai sumbu komponen air mancur bagian puncak kemudian membangun komponen air mancur bagian puncak dengan alas komponen air mancur berhimpit di titik A, lubang jalannya air searah dengan sumbu Y, dan titik ujung saluran air berhimpit dengan titik E.
5. Menetapkan \overline{PQ} dan \overline{RS} sebagai sumbu komponen air mancur bagian *transporter* kemudian membangun komponen air mancur bagian *transporter* dengan alas komponen air mancur searah dengan \overline{PC} dan \overline{RD} dan lubang penampungan air untuk posisi yang tertinggi berhimpit dengan \overline{PQ} dan \overline{RS} .
6. Validasi programasi teknik tersebut diperlihatkan dalam lampiran B.3

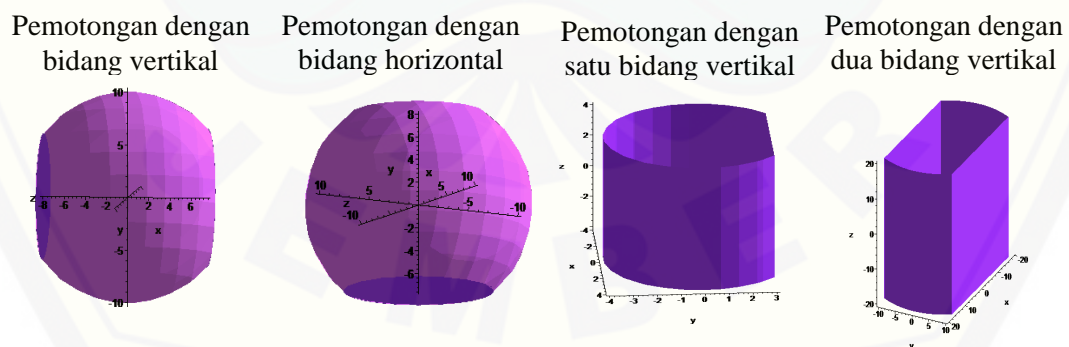


Gambar 4.24 Implementasi air mancur dengan dua segitiga

4.3 Pembahasan

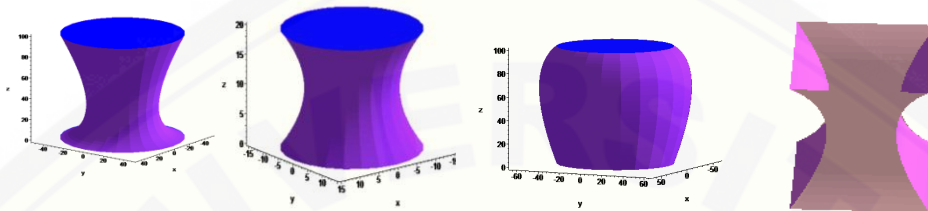
Pada bagian ini dibahas mengenai evaluasi prosedur modelisasi benda dasar komponen air mancur dan perangkaian benda dasar komponen air mancur tersebut pada dua jenis sumbu penggabungan serta implementasi contoh penataan air mancur untuk taman rumah. Masing-masing prosedur modelisasi tersebut telah dibahas pada subbab 4.1 dan 4.2. Uraian detailnya dijelaskan sebagai berikut.

1. Prosedur pemotongan dapat menghasilkan bentuk benda dasar komponen air mancur menjadi lebih bervariasi. Pada pemotongan bola menghasilkan bentuk pancungan bola yang tertutup oleh bidang lingkaran dan pancungan bola sesuai pola pada lingkaran tengah horizontal. Pada pemotongan tabung menghasilkan bentuk pancungan tabung yang tertutup oleh bidang tegak segiempat, pancungan tabung sesuai pola pada lingkaran tengah horizontal, dan penggabungan tabung dengan benda putar. Pada pemotongan prisma menghasilkan bentuk pancungan prisma yang bertingkat. Selain itu, beberapa kemudahan lainnya diberikan sebagai berikut.
 - a. Pemberian nilai-nilai titik A dan B dapat menghasilkan hasil potongan yang beragam. Contohnya pada Gambar 4.2 dan 4.5 dihasilkan modelisasi benda dasar komponen air mancur yang berbeda.



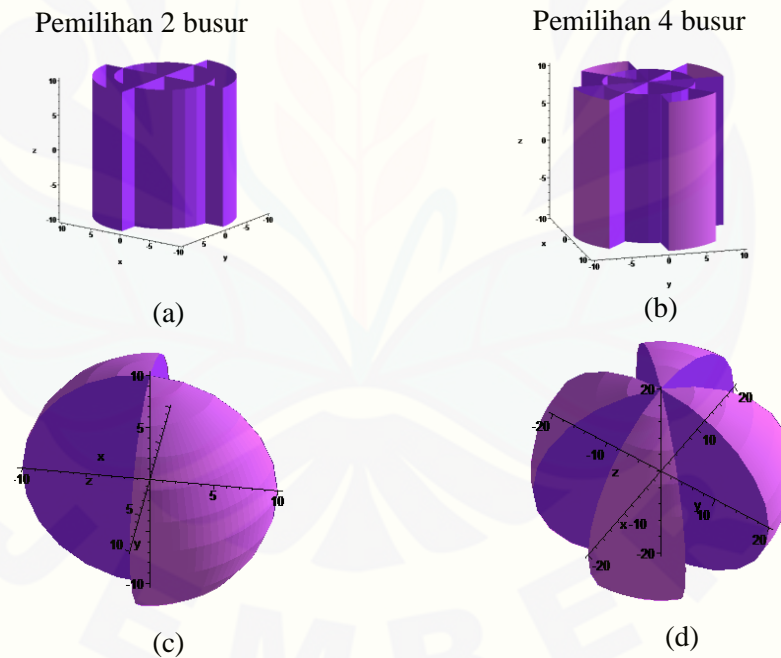
Gambar 4.25 Variasi bentuk benda dasar komponen air mancur hasil teknik pemotongan

- b. Pemberian nilai vektor singgung kurva Hermit pada $p''(1)$ dalam persamaan (4.3) dapat menghasilkan permukaan cembung ($y < 0$) dan permukaan cekung ($y > 0$) (Gambar 4.26).



Gambar 4.26 Variasi bentuk benda dasar komponen air mancur hasil teknik kelengkungan

- c. Pemilihan busur pada pola lingkaran dapat menghasilkan variasi bentuk pada bola dan tabung (Gambar 4.27).



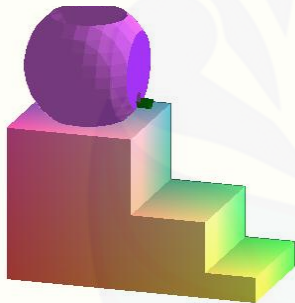
Gambar 4.27 Variasi bentuk komponen benda dasar dengan pola lingkaran

2. Prosedur perangkaian benda dasar komponen air mancur dapat menghasilkan rangkaian komponen air mancur yang beraneka ragam. Hal ini berdasarkan adanya perbedaan jumlah sumbu penggabungan benda dasar komponen air mancur yaitu

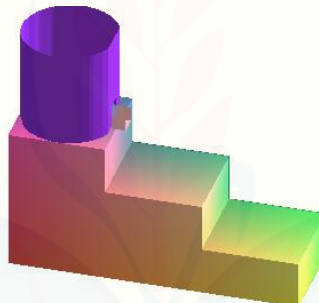
satu sumbu dan dua sumbu. Perangkaian benda dasar komponen air mancur pada satu sumbu menghasilkan model komponen air mancur yang setiap bagiannya bersimetri pusat pada satu sumbu vertikal. Pada model dua sumbu menghasilkan model komponen air mancur bersimetri atas bawah dan kiri kanan (Gambar 4.28). Selain itu, beberapa kemudahan lainnya yang diberikan sebagai berikut.

- a. Pemberian nilai-nilai parameter μ_1 dan μ_2 dapat menghasilkan variasi perbandingan tinggi setiap bagian segmen pada sumbu penggabungan yang kemudian digunakan sebagai tinggi setiap komponen yang bersesuaian dengan segmen tersebut sehingga didapatkan bentuk utuh komponen air mancur yang proporsional dan sesuai dengan kegunaan air mancur pada sebuah taman rumah (Gambar 4.28).

Penggabungan bola
dengan prisma



Penggabungan tabung
dengan prisma



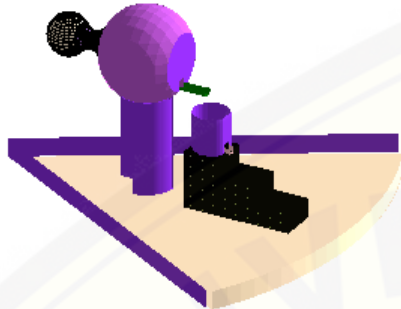
Penggabungan bola
dengan tabung



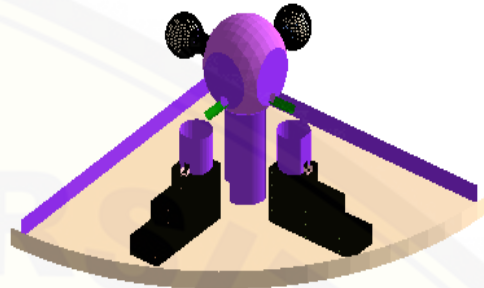
Gambar 4.28 Variasi bentuk akibat dua jenis sumbu penggabungan

- b. Pemberian jumlah segitiga pada perangkaian dapat menyebabkan rangkaian komponen air mancur yang beraneka ragam (Gambar 4.29).

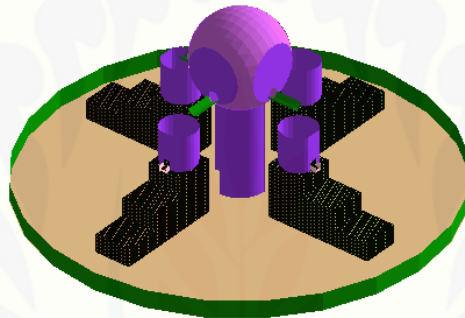
Implementasi dengan satu segitiga tegak siku-siku



Implementasi dengan dua segitiga tegak siku-siku



Implementasi dengan empat segitiga tegak siku-siku



Gambar 4.29 Variasi bentuk implementasi

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di bab 4, didapatkan bahwa untuk mendesain komponen air mancur perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Untuk mendesain beragam bentuk benda dasar komponen air mancur dari benda bola, tabung, dan prisma persegi panjang dapat dilakukan prosedur sebagai berikut. Pertama, menetapkan bidang yang akan dijadikan bidang potong untuk bola, tabung, dan prisma persegi panjang. Kedua, menggunakan bidang-bidang tersebut untuk memotong benda-benda geometri sehingga menghasilkan benda-benda geometri terpancung. Ketiga, memberi lubang jalannya air dan sumber air pada benda dasar komponen air mancur untuk bagian puncak, memberi lubang jalannya air dan lubang penampung air pada benda dasar komponen air mancur untuk bagian *transporter*, dan memberi lubang pembuangan air dan lubang penampung air pada benda dasar komponen air mancur untuk bagian alas.
- b. Untuk merangkai komponen air mancur hasil perlakuan (a) pada dua jenis model sumbu yaitu satu sumbu pemodelan dan dua sumbu pemodelan, prosedurnya sebagai berikut. Pertama, membagi sumbu menjadi beberapa segmen. Kedua, mengisi setiap bagian segmen sumbu tersebut dengan benda dasar komponen air mancur sehingga menghasilkan model komponen air mancur yang tergabung kontinu dan bervariasi. Kemudian membangun dengan memanfaatkan segitiga tegak siku-siku sebagai implementasi contoh penataan komponen air mancur pada sebuah taman rumah.

5.2 Saran

Pada skripsi ini telah diperkenalkan prosedur modelisasi komponen air mancur dan perangkaian komponen air mancur pada dua sumbu pemodelan yaitu satu sumbu dan dua sumbu serta implementasi contoh penataan komponen air mancur untuk taman rumah untuk menghasilkan bentuk air mancur yang utuh. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya metode ini dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan benda geometri ruang lainnya seperti keratan kerucut dan limas. Selain itu dapat ditawarkan penambahan relief yang lebih bervariasi untuk sisi luar benda dasar komponen air mancur.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, Howard. 1988. *Elementary Linier Algebra With Applications*. Terjemahan oleh P.Silahan dan I nyoman Susila. Jakarta : Erlangga.
- Bastian, A. 2011. *Desain Kap Lampu Duduk Melalui Penggabungan Benda-benda Geometri Ruang*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.
- Budhi, Wono Setya. 1995. *Aljabar Linier*. Jakarta:Gramedia.
- Kusno. 2002. *Geometri Rancang Bangun Studi Aljabar Vektor Garis, Lingkaran 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.
- Plenza, J. 2004. *Crown Fountain* [serial on line]. http://en.wikipedia.org/wiki/Crown_Fountain. [7 April 2014]
- Suryadi, D. 1986. *Teori dan Soal Ilmu Ukur Analitik Ruang*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Teresa et al. 1998. *Water Fountain* [serial on line]. <http://blog.kineticfountains.com/water-fountain-water-additives>. [12 April 2014]
- Wheater, C. 1957. *Homework helpers : Geometry*. New York: The Career Press, Inc.

LAMPIRAN

Lampiran A. Modelisasi benda dasar komponen air mancur

A.1 Pemodelan dengan bola

Pemotongan dengan bidang horizontal dan vertikal

```
> a:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=100,x=-10..10,y=-10..10,z=-10..7,scaling=constrained,labels=[x,y,z],color="MediumOrchid", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> display(a):
> a2:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=100,x=-10..10,y=-10..10,z=(7.5)..10,scaling=constrained,labels=[x,y,z],color="MediumOrchid", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> a21:=plot3d([v*6.61*cos(u)+(1-v)*0,v*6.61*sin(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-v)*0)+(-7.5)],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained, labels=[x,y,z],color="BlueViolet", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> display(a2,a21):

> b:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=100,x=-10..10,y=-10..10,z=(7.5)..8,scaling=constrained,labels=[x,y,z],color="MediumOrchid", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> b1:=plot3d([v*6.61*cos(u)+(1-v)*0,v*6.61*sin(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-v)*0)+(-7.5)],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained, labels=[x,y,z],color="BlueViolet", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> display(b,b1):

> c:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=2500,x=-50..50,y=-50..30,z=-50..50,scaling=constrained,labels=[x,y,z],color="MediumOrchid", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> c1:=plot3d([v*40*cos(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-v)*0)+(30),v*40*sin(u)+(1-v)*0],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained, labels=[x,y,z],color="BlueViolet", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> display(c,c1):

> d:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=100,x=-10..10,y=-8..(7.5),z=-10..10,scaling=constrained,labels=[x,y,z],color="MediumOrchid", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> d1:=plot3d([v*6.61*cos(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-v)*0)+(7.5),v*6.61*sin(u)+(1-v)*0],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained, labels=[x,y,z],color="BlueViolet", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
```

```

> d2:=plot3d([v*6*cos(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-v)*0)+(-
8),v*6*sin(u)+(1-v)*0],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained,
labels=[x,y,z],color="BlueViolet",style=patchnograd,
lightmodel=light4):
> display(d,d1,d2):

> e:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=400,x=-20..20,y=-14..(14),z=-
(20)..15,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="MediumOrchid",style=patchnograd,lightmodel=light4):
> e1:=plot3d([v*14.28*cos(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-
v)*0)+(14),v*14.28*sin(u)+(1-
v)*0],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet",style=patchnograd,lightmodel=light4):
> e2:=plot3d([v*14.28*cos(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-v)*0)+(-
14),v*14.28*sin(u)+(1-
v)*0],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet",style=patchnograd,lightmodel=light4):
> display(e,e1,e2):

```

Pemodelan dengan pola pada lingkaran tengah

```

> f1:=plot3d([10*sin(v)*cos(u),10*sin(v)*sin(u),-
(10*cos(v))],u=0..Pi/2,v=0..2*Pi,scaling=constrained,
labels=[x,y,z],color="MediumOrchid",style=patchnograd,
lightmodel=light4):
>
f2:=plot3d([(10)*u*cos(v),0,(10)*u*sin(v)],u=0..1,v=0..2*Pi,sc
aling=constrained,labels=[x,y,z],color="BlueViolet",
style=patchnograd,lightmodel=light4):
>
f3:=plot3d([(10)*u*cos(v),0,(10)*u*sin(v)],u=0..1,v=0..2*Pi,sc
aling=constrained,labels=[x,y,z],color="BlueViolet",
style=patchnograd,lightmodel=light4):
> f4:=rotate(f3,0,Pi/2,Pi/2):
> display(f1,f2,f3,f4):

> fa1:=plot3d([20*sin(v)*cos(u),20*sin(v)*sin(u),-
(20*cos(v))],u=0..Pi/4,v=0..2*Pi,scaling=constrained,
labels=[x,y,z],color="MediumOrchid",style=patchnograd,
lightmodel=light4):
>
fa2:=plot3d([(20)*u*cos(v),0,(20)*u*sin(v)],u=0..1,v=0..2*Pi,s
caling=constrained,labels=[x,y,z],color="BlueViolet",
style=patchnograd,lightmodel=light4):
> fa3:=rotate(fa2,0,Pi/4,Pi/2):
> fa4:=rotate(fa2,0,Pi/4,Pi/4):
> fa6:=rotate(fa2,0,Pi/4,2*Pi/2.66):

```

```
> fa5:=rotate(fa1,0,0,Pi/2):
> display(fa1,fa5,fa2,fa3,fa4,fa6):
```

A.2 Pemodelan dengan tabung

Pemotongan dengan bidang horizontal dan vertikal

```
> a:=implicitplot3d(x^2+y^2=100,x=-10..10,y=-10..9,z=-
10..10,scaling=constrained,labels=[x,y,z], color="BlueViolet",
style=patchnograd, lightmodel=light4):
> x1:=u*4.35 +(1-u)*4.35:      y1:=u*9 +(1-u)*9:      z1:=u*10
+(1-u)*(-10):
x2:=u*(-4.35) +(1-u)*(-4.35): y2:=u*9 +(1-u)*9:      z2:=u*10 +(1-
u)*(-10):
a2:=plot3d([v*x1+(1-v)*x2,v*y1+(1-v)*y2, v*z1+(1-
v)*z2],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> display(a,a2):

> b:=implicitplot3d(x^2+y^2=100,x=-10..10,y=-6..9,z=-
10..10,scaling=constrained,labels=[x,y,z], color="BlueViolet",
style=patchnograd, lightmodel=light4):
> x3:=u*8 +(1-u)*8:          y3:=u*(-6) +(1-u)*(-6): z3:=u*10 +(1-
u)*(-10):
x4:=u*(-8) +(1-u)*(-8): y4:=u*(-6) +(1-u)*(-6): z4:=u*10 +(1-
u)*(-10):
b1:=plot3d([v*x3+(1-v)*x4,v*y3+(1-v)*y4, v*z3+(1-
v)*z4],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> x5:=u*4.35 +(1-u)*4.35:      y5:=u*(9) +(1-u)*(9): z5:=u*10
+(1-u)*(-10):
x6:=u*(-4.35) +(1-u)*(-4.35): y6:=u*(9) +(1-u)*(9): z6:=u*10
+(1-u)*(-10):
b2:=plot3d([v*x5+(1-v)*x6,v*y5+(1-v)*y6, v*z5+(1-
v)*z6],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> display(b,b1,b2):
```

Pemotongan tabung dengan benda putar

```
> k:=plot3d([(0*(1-t)^2+(2*0)*(1-t)*t+15*t^2)*cos(v), (0*(1-
t)^2+(2*15)*(1-t)*t+15*t^2)*sin(v), (0*(1-t)^2+(2*0)*(1-
t)*t+0*t^2)],t=0..1,v=0..2*Pi,scaling=constrained,labels=[x,y,
z], color="Blue", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> k2:=plot3d([(0*(1-t)^2+(2*0)*(1-t)*t+15*t^2)*cos(v), (0*(1-
t)^2+(2*15)*(1-t)*t+15*t^2)*sin(v), (0*(1-t)^2+(2*0)*(1-
t)*t+0*t^2)+20],t=0..1,v=0..2*Pi,scaling=constrained,labels=[x
,y,z], color="Blue", style=patchnograd, lightmodel=light4):
```

```

> k1:=plot3d([(15*(1-t)^2+(2*30)*(1-t)*t+15*t^2)*cos(v), (15*(1-
t)^2+(2*30)*(1-t)*t+15*t^2)*sin(v), (0*(1-t)^2+(2*10)*(1-
t)*t+20*t^2)],t=0..1,v=0..2*Pi,scaling=constrained,labels=[x,y
,z], color="BlueViolet", style=patchnograd,
lightmodel=light4):
> display(k,k1,k2):
> ka:=plot3d([(0*(1-t)^2+(2*0)*(1-t)*t+15*t^2)*cos(v), (0*(1-
t)^2+(2*15)*(1-t)*t+15*t^2)*sin(v), (0*(1-t)^2+(2*0)*(1-
t)*t+0*t^2)],t=0..1,v=0..2*Pi,scaling=constrained,labels=[x,y,
z], color="Blue", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> ka2:=plot3d([(0*(1-t)^2+(2*0)*(1-t)*t+15*t^2)*cos(v), (0*(1-
t)^2+(2*15)*(1-t)*t+15*t^2)*sin(v), (0*(1-t)^2+(2*0)*(1-
t)*t+0*t^2)+20],t=0..1,v=0..2*Pi,scaling=constrained,labels=[x
,y,z], color="Blue", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> ka1:=plot3d([(15*(1-t)^2+(2*5)*(1-t)*t+15*t^2)*cos(v), (15*(1-
t)^2+(2*5)*(1-t)*t+15*t^2)*sin(v), (0*(1-t)^2+(2*10)*(1-
t)*t+20*t^2)],t=0..1,v=0..2*Pi,scaling=constrained,labels=[x,y
,z], color="BlueViolet", style=patchnograd,
lightmodel=light4):
> display(ka,ka1,ka2):
> kb:=plot3d([(0*(1-t)^2+(2*0)*(1-t)*t+50*t^2)*cos(v), (0*(1-
t)^2+(2*50)*(1-t)*t+50*t^2)*sin(v), (0*(1-t)^2+(2*0)*(1-
t)*t+0*t^2)],t=0..1,v=0..2*Pi,scaling=constrained,labels=[x,y,
z], color="Blue", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> kb2:=plot3d([(0*(1-t)^2+(2*0)*(1-t)*t+50*t^2)*cos(v), (0*(1-
t)^2+(2*50)*(1-t)*t+50*t^2)*sin(v), (0*(1-t)^2+(2*0)*(1-
t)*t+0*t^2)+100],t=0..1,v=0..2*Pi,scaling=constrained,labels=[
x,y,z], color="Blue", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> kb1:=plot3d([(50*(1-t)^2+(2*5)*(1-t)*t+50*t^2)*cos(v), (50*(1-
t)^2+(2*10)*(1-t)*t+50*t^2)*sin(v), (0*(1-t)^2+(2*10)*(1-
t)*t+100*t^2)],t=0..1,v=0..2*Pi,scaling=constrained,labels=[x,
y,z], color="BlueViolet", style=patchnograd,
lightmodel=light4):
> display(kb,kb1,kb2):
> kc:=plot3d([(0*(1-t)^2+(2*0)*(1-t)*t+50*t^2)*cos(v), (0*(1-
t)^2+(2*50)*(1-t)*t+50*t^2)*sin(v), (0*(1-t)^2+(2*0)*(1-
t)*t+0*t^2)],t=0..1,v=0..2*Pi,scaling=constrained,labels=[x,y,
z], color="Blue", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> kc2:=plot3d([(0*(1-t)^2+(2*0)*(1-t)*t+50*t^2)*cos(v), (0*(1-
t)^2+(2*50)*(1-t)*t+50*t^2)*sin(v), (0*(1-t)^2+(2*0)*(1-
t)*t+0*t^2)+100],t=0..1,v=0..2*Pi,scaling=constrained,labels=[
x,y,z], color="Blue", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> kc1:=plot3d([(50*(1-t)^2+(2*80)*(1-
t)*t+50*t^2)*cos(v), (50*(1-t)^2+(2*80)*(1-
t)*t+50*t^2)*sin(v), (0*(1-t)^2+(2*80)*(1-
t)*t+100*t^2)],t=0..1,v=0..2*Pi,scaling=constrained,labels=[x,

```



```

y,z], color="BlueViolet", style=patchnogrid,
lightmodel=light4):
> display(kc,kc1,kc2):

```

Pemodelan dengan pola pada lingkaran tengah

```

> d:=plot3d([10*cos(u),10*sin(u),v],u=0..Pi/2,v=-
10..10,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> d1:=rotate(d,0,0,Pi):
> x7:=u*10 +(1-u)*10:      y7:=u*0 +(1-u)*0: z7:=u*10 +(1-
u)*(-10):
x8:=u*(-10) +(1-u)*(-10): y8:=u*0 +(1-u)*0: z8:=u*10 +(1-u)*(-
10):
d2:=plot3d([v*x7+(1-v)*x8,v*y7+(1-v)*y8, v*z7+(1-
v)*z8],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> d3:=rotate(d2,0,Pi/2,Pi/2):
> display(d,d1,d2,d3):

> da:=plot3d([10*cos(u),10*sin(u),v],u=0..Pi/2,v=-
10..10,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> da1:=rotate(d,0,0,Pi):
> xa7:=u*10 +(1-u)*10:      ya7:=u*0 +(1-u)*0: za7:=u*10 +(1-
u)*(-10):
xa8:=u*(-10) +(1-u)*(-10): ya8:=u*0 +(1-u)*0: za8:=u*10 +(1-
u)*(-10):
da2:=plot3d([v*xa7+(1-v)*xa8,v*ya7+(1-v)*ya8, v*za7+(1-
v)*za8],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> da3:=rotate(da2,0,Pi/2,Pi/2):
> display(da,da1,da2,da3):

>
fa1:=plot3d([10*cos(u),10*sin(u),v],u=0..Pi/4,v=0..10,scaling=
constrained, labels=[x,y,z], color="MediumOrchid",
style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> x9:=u*10 +(1-u)*10:      y9:=u*0 +(1-u)*0: z9:=u*0 +(1-
u)*(10):
x10:=u*(-10) +(1-u)*(-10): y10:=u*0 +(1-u)*0: z10:=u*0 +(1-
u)*(10):
fa2:=plot3d([v*x9+(1-v)*x10,v*y9+(1-v)*y10, v*z9+(1-
v)*z10],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> fa3:=rotate(fa2,0,0,Pi/2):

```



```

> fa4:=rotate (fa2,0,0,Pi/4) :
> fa6:=rotate (fa2,0,0,2*Pi/2.66) :
> fa5:=rotate (fa1,0,0,Pi/2) : fa51:=rotate (fa1,0,0,-
Pi/2) : fa52:=rotate (fa1,0,0,Pi) :
> display (fa1,fa5,fa51,fa52,fa2,fa3,fa4,fa6) :
>
> e:=plot3d ([10*cos (u),10*sin (u),v],u=0..Pi/2,v=-
10..10,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4) :
> e1:=rotate (d,0,0,Pi) :
> x9:=u*10 +(1-u)*10:          y9:=u*0 +(1-u)*0: z9:=u*10 +(1-
u)*(-10) :
x10:=u*(-10) +(1-u)*(-10): y10:=u*0 +(1-u)*0: z10:=u*10 +(1-
u)*(-10) :
e2:=plot3d ([v*x9+(1-v)*x10,v*y9+(1-v)*y10, v*z9+(1-
v)*z10],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4) :
> e3:=rotate (e2,0,Pi/2,Pi/2) :
> e4:=plot3d ([7*cos (u),7*sin (u),v],u=0..2*Pi,v=-
10..10,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4) :
> display (e,e1,e2,e3,e4) ;

```

A.3 Pemodelan dengan prisma persegi

Pemotongan dengan bidang datar vertikal

```

> a1:=[seq ([seq ([i,j,0],i=0..20)],j=0..20)]:
> a2:=[seq ([seq ([i,20,k],i=0..20)],k=0..10)]:
> a3:=[seq ([seq ([i,j,10],i=0..20)],j=15..20)]:
> a4:=[seq ([seq ([i,10,k],i=0..20)],k=20..30)]:
> a5:=[seq ([seq ([i,j,30],i=0..20)],j=0..10)]:
> a6:=[seq ([seq ([i,0,k],i=0..20)],k=0..30)]:
> a7:=[seq ([seq ([i,j,20],i=0..20)],j=10..15)]:
> a8:=[seq ([seq ([i,15,k],i=0..20)],k=10..20)]:
> a9:=[seq ([seq ([0,j,k],j=0..20)],k=0..10)]:
a10:=[seq ([seq ([0,j,k],j=0..15)],k=10..20)]:
a11:=[seq ([seq ([0,j,k],j=0..10)],k=20..30)]:
> aa9:=[seq ([seq ([20,j,k],j=0..20)],k=0..10)]:
aa10:=[seq ([seq ([20,j,k],j=0..15)],k=10..20)]:
aa11:=[seq ([seq ([20,j,k],j=0..10)],k=20..30)]:
> b1:=surfdata (a1) :
> b2:=surfdata (a2) :
> b3:=surfdata (a3) :
> b4:=surfdata (a4) :
> b5:=surfdata (a5) :

```

```
> b6:=surfdata(a6) :
> b7:=surfdata(a7) :
> b8:=surfdata(a8) :
> b9:=surfdata(a9) :
> b10:=surfdata(a10) :
> b11:=surfdata(a11) :
> ba9:=surfdata(aa9) :
> ba10:=surfdata(aa10) :
> ba11:=surfdata(aa11) :
> display(b1,b2,b3,b4,b5,b6,b7,b8,b9,b10,b11,ba9,ba10,ba11) ;

> restart:
> with(plots) :
> a1:=[seq([seq([i,j,0],i=0..20)],j=0..20)]:
> a2:=[seq([seq([i,20,k],i=0..20)],k=0..10)]:
> a3:=[seq([seq([i,j,10],i=0..20)],j=15..20)]:
> a4:=[seq([seq([i,10,k],i=0..20)],k=20..30)]:
> a5:=[seq([seq([i,j,30],i=0..20)],j=0..10)]:
> a6:=[seq([seq([i,0,k],i=0..20)],k=0..30)]:
> a7:=[seq([seq([i,j,20],i=0..20)],j=10..15)]:
> a8:=[seq([seq([i,15,k],i=0..20)],k=10..20)]:
> a9:=[seq([seq([0,j,k],j=0..20)],k=0..10)]:
a10:=[seq([seq([0,j,k],j=0..15)],k=10..20)]:
a11:=[seq([seq([0,j,k],j=0..10)],k=20..30)]:
> aa9:=[seq([seq([20,j,k],j=0..20)],k=0..10)]:
aa10:=[seq([seq([20,j,k],j=0..15)],k=10..20)]:
aa11:=[seq([seq([20,j,k],j=0..10)],k=20..30)]:
> b1:=surfdata(a1) :
> b2:=surfdata(a2) :
> b3:=surfdata(a3) :
> b4:=surfdata(a4) :
> b5:=surfdata(a5) :
> b6:=surfdata(a6) :
> b7:=surfdata(a7) :
> b8:=surfdata(a8) :
> b9:=surfdata(a9) :
> b10:=surfdata(a10) :
> b11:=surfdata(a11) :
> ba9:=surfdata(aa9) :
> ba10:=surfdata(aa10) :
> ba11:=surfdata(aa11) :
> display(b1,b2,b3,b4,b5,b6,b7,b8,b9,b10,b11,ba9,ba10,ba11) ;
```

Pemodelan dengan bidang lengkung vertikal

```

> t:=10:
> tcek1:=0: tcek3:=1*t: tcek2:=1/2*tcek3: #ketinggian titik kontrol#
rcek:=2/3*tcek3: #titik kontrol pd sb x&y#

for j from 0 to 3 do
ccek[2*j+1]:="Pink": ccek[2*j+2]:="MediumOrchid":
b1[j+1]:=plot3d([(1-v)*((1-u)^2*rcek+2*(1-u)*u^0+u^2*rcek)*cos(Pi/2*j)+v*((1-u)^2*rcek+2*(1-u)*u^0+u^2*rcek)*cos(Pi/2*(j+1)),(1-v)*((1-u)^2*rcek+2*(1-u)*u^0+u^2*rcek)*sin(Pi/2*j)+v*((1-u)^2*rcek+2*(1-u)*u^0+u^2*rcek)*sin(Pi/2*(j+1)),(1-u)^2*tcek1+2*(1-u)*u*tcek2+u^2*tcek3+4],u=0..1,v=0..1,color=ccek[j+1]):
end do:
cek:=display({b1[1],b1[2],b1[3],b1[4]}):
> b:=display(cek,labels=[x,y,z],view=[-4..4,-4..4,4..8],style=patchnograd,axes=normal,scaling=constrained,lightmodel=light4):
> display(b);

> xa1:=(1-u)^2*(-30)+2*(1-u)*u*(-30)+(-30)*u^2: ya1:=(1-u)^2*(-20)+2*(1-u)*u*(0)+(20)*u^2: za1:=(1-u)^2*(10)+2*(1-u)*u*(0)+10*u^2:
xa2:=(1-u)^2*(30)+2*(1-u)*u*(30)+(30)*u^2: ya2:=(1-u)^2*(-20)+2*(1-u)*u*(0)+20*u^2: za2:=(1-u)^2*(10)+2*(1-u)*u*(0)+10*u^2:
aa1:=plot3d([v*xa1+(1-v)*xa2,v*ya1+(1-v)*ya2,v*za1+(1-v)*za2],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],color="BlueViolet",style=patchnograd,lightmodel=light4):
> aa1r:=reflect(aa1,[0,0,0]):
> xa3:=u*(-30)+(1-u)*(-30): ya3:=u*(-20)+(1-u)*(-20):
za3:=u*(-10)+(1-u)*(10):
xa4:=u*(30)+(1-u)*(30): ya4:=u*(-20)+(1-u)*(-20):
za4:=u*(-10)+(1-u)*(10):
aa2:=plot3d([v*xa3+(1-v)*xa4,v*ya3+(1-v)*ya4,v*za3+(1-v)*za4],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],color="BlueViolet",style=patchnograd,lightmodel=light4):
> aa2r:=reflect(aa2,[0,0,0]):
> xa5:=(1-u)^2*(-30)+2*(1-u)*u*(-30)+(-30)*u^2: ya5:=(1-u)^2*(-20)+2*(1-u)*u*(0)+(20)*u^2: za5:=(1-u)^2*(10)+2*(1-u)*u*(0)+10*u^2:
xa6:=(1-u)^2*(-30)+2*(1-u)*u*(-30)+(-30)*u^2: ya6:=(1-u)^2*(-20)+2*(1-u)*u*(0)+20*u^2: za6:=(1-u)^2*(-10)+2*(1-u)*u*(0)+(-10)*u^2:

```

```

aa3:=plot3d([v*xa5+(1-v)*xa6,v*ya5+(1-v)*ya6, v*za5+(1-
v)*za6],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> aa3r:=reflect(aa3,[0,0,0]):
> display(aa1,aa1r,aa2r,aa2,aa3,aa3r):
> xa7:=(1-u)^2*(-30)+2*(1-u)*u*(-30)+(-30)*u^2: ya7:=(1-
u)^2*(-20)+2*(1-u)*u*(0)+(20)*u^2: za7:=(1-u)^2*(10)+2*(1-
u)*u*(20)+10*u^2:
xa8:=(1-u)^2*(30)+2*(1-u)*u*(30)+(30)*u^2: ya8:=(1-u)^2*(-
20)+2*(1-u)*u*(0)+20*u^2: za8:=(1-u)^2*(10)+2*(1-
u)*u*(0\20)+10*u^2:
aa4:=plot3d([v*xa7+(1-v)*xa8,v*ya7+(1-v)*ya8, v*za7+(1-
v)*za8],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> aa4r:=reflect(aa4,[0,0,0]):
> xa9:=u*(-30)+(1-u)*(-30): ya9:=u*(-20)+(1-u)*(-20):
za9:=u*(-10)+(1-u)*(10):
xa10:=u*(30)+(1-u)*(30): ya10:=u*(-20)+(1-u)*(-20):
za10:=u*(-10)+(1-u)*(10):
aa5:=plot3d([v*xa9+(1-v)*xa10,v*ya9+(1-v)*ya10, v*za9+(1-
v)*za10],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> aa5r:=reflect(aa5,[0,0,0]):
> xa11:=(1-u)^2*(-30)+2*(1-u)*u*(-30)+(-30)*u^2: ya11:=(1-
u)^2*(-20)+2*(1-u)*u*(0)+(20)*u^2: za11:=(1-u)^2*(10)+2*(1-
u)*u*(20)+10*u^2:
xa12:=(1-u)^2*(-30)+2*(1-u)*u*(-30)+(-30)*u^2: ya12:=(1-
u)^2*(-20)+2*(1-u)*u*(0)+20*u^2: za12:=(1-u)^2*(-10)+2*(1-
u)*u*(-20)+(-10)*u^2:
aa6:=plot3d([v*xa11+(1-v)*xa12,v*ya11+(1-v)*ya12, v*za11+(1-
v)*za12],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> aa6r:=reflect(aa6,[0,0,0]):
> display(aa4,aa4r,aa5r,aa5,aa6,aa6r);

```

Lampiran B. Perangkaian benda dasar komponen air mancur pada dua jenis sumbu pemodelan

B.1 Model komponen air mancur dengan satu sumbu penggabungan

```

> restart:with(geom3d):with(plots):with(plottools):
>
> ea:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=625,x=-25..25,y=-25..(20),z=-
(20)..20,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="MediumOrchid", style=patchnograd, lightmodel=light4):

```

```

> ea1:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*(3*cos(u)),(v*0+(1-
v)*0)+(20),v*15*sin(u)+(1-v)*(3*sin(u)-
12)],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> ea2:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-v)*0)+(-
20),v*15*sin(u)+(1-v)*0],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained,
labels=[x,y,z], color="BlueViolet", style=patchnograd,
lightmodel=light4):
> ea3:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*0,v*15*sin(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-
v)*0)+(-20)],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained,
labels=[x,y,z], color="BlueViolet", style=patchnograd,
lightmodel=light4):
c2:=plot3d([3*cos(u),v+20,3*sin(u)-
12],u=Pi..2*Pi,v=0..5,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="Green", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> display(ea,ea1,ea2,ea3):
>
z1:=translate(ea,0,0,30):z2:=translate(ea1,0,0,30):z3:=transla
te(ea2,0,0,30):z4:=translate(ea3,0,0,30):z5:=translate(c2,0,0,
30):
> e:=plot3d([10*cos(u),10*sin(u),v],u=0..Pi/2,v=-
10..10,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> e1:=rotate(e,0,0,Pi):
> x9:=u*10+(1-u)*10: y9:=u*0+(1-u)*0: z9:=u*10+(1-
u)*(-10):
x10:=u*(-10)+(1-u)*(-10): y10:=u*0+(1-u)*0: z10:=u*10+(1-
u)*(-10):
e2:=plot3d([v*x9+(1-v)*x10,v*y9+(1-v)*y10,v*z9+(1-
v)*z10],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> e3:=rotate(e2,0,Pi/2,Pi/2):
> e4:=plot3d([7*cos(u),7*sin(u),v],u=0..2*Pi,v=-
10..10,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> display(e,e1,e2,e3,e4,z1,z2,z4,z5):
>
> restart:with(geom3d):with(plots):with(plottools):
> ea:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=625,x=-25..25,y=-25..(20),z=-
(20)..20,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="MediumOrchid", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> ea1:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*(3*cos(u)),(v*0+(1-
v)*0)+(20),v*15*sin(u)+(1-v)*(3*sin(u)-

```



```

12)],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> ea2:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-v)*0)+(-
20),v*15*sin(u)+(1-v)*0],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained,
labels=[x,y,z], color="BlueViolet", style=patchngrid,
lightmodel=light4):
> ea3:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*0,v*15*sin(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-
v)*0)+(-20)],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained,
labels=[x,y,z], color="BlueViolet", style=patchngrid,
lightmodel=light4):
c2:=plot3d([3*cos(u),v+20,3*sin(u)-
12],u=Pi..2*Pi,v=0..5,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="Green", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> display(ea,ea1,ea2,ea3):
>
z1:=translate(ea,25,25,80):z2:=translate(ea1,25,25,80):z3:=tra
nslate(ea2,25,25,80):z4:=translate(ea3,25,25,80):z5:=translate
(c2,25,25,80):
>
> a1:=[seq([seq([i,j,0],i=0..50)],j=0..100)]:
> a2:=[seq([seq([i,100,k],i=0..50)],k=0..10)]:
> a3:=[seq([seq([i,j,10],i=0..50)],j=80..100)]:
> a4:=[seq([seq([i,80,k],i=0..50)],k=10..30)]:
> a5:=[seq([seq([i,j,30],i=0..50)],j=50..80)]:
> a6:=[seq([seq([i,0,k],i=0..50)],k=0..60)]:
> a7:=[seq([seq([i,j,60],i=0..50)],j=0..50)]:
> a8:=[seq([seq([i,50,k],i=0..50)],k=30..60)]:
> a9:=[seq([seq([0,j,k],j=0..50)],k=30..60)]:
a10:=[seq([seq([0,j,k],j=0..80)],k=10..30)]:
a11:=[seq([seq([0,j,k],j=0..100)],k=0..10)]:
> aa9:=[seq([seq([50,j,k],j=0..50)],k=30..60)]:
aa10:=[seq([seq([50,j,k],j=0..80)],k=10..30)]:
aa11:=[seq([seq([50,j,k],j=0..100)],k=0..10)]:
> b1:=surfddata(a1):
> b2:=surfddata(a2):
> b3:=surfddata(a3):
> b4:=surfddata(a4):
> b5:=surfddata(a5):
> b6:=surfddata(a6):
> b7:=surfddata(a7):
> b8:=surfddata(a8):
> b9:=surfddata(a9):
> b10:=surfddata(a10):
> b11:=surfddata(a11):
> ba9:=surfddata(aa9):

```

```

> ba10:=surfdata(aa10):
> ba11:=surfdata(aa11):
>
display(b1,b2,b3,b4,b5,b6,b7,b8,b9,b10,b11,ba9,ba10,ba11,z1,z2
,z4,z5):
>
> restart:with(geom3d):with(plots):with(plottools):
> a:=implicitplot3d(x^2+y^2=100,x=-10..10,y=-10..9,z=-
10..10,scaling=constrained,labels=[x,y,z], color="BlueViolet",
style=patchnograd, lightmodel=light4):
> x1:=u*4.35 +(1-u)*2:          y1:=u*9 +(1-u)*9:   z1:=u*(-10)
+(1-u)*(-10):
x2:=u*(4.35) +(1-u)*(2):      y2:=u*9 +(1-u)*9:   z2:=u*(-5) +(1-
u)*(-5):
a2:=plot3d([v*x1+(1-v)*x2,v*y1+(1-v)*y2, v*z1+(1-
v)*z2],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
a3:=reflect(a2,[0,9,-7.5]):
x3:=u*4.35 +(1-u)*(-4.35):    y3:=u*9 +(1-u)*9:   z3:=u*(-5)
+(1-u)*(-5):
x4:=u*(4.35) +(1-u)*(-4.35):  y4:=u*9 +(1-u)*9:   z4:=u*(10)
+(1-u)*(10):
a4:=plot3d([v*x3+(1-v)*x4,v*y3+(1-v)*y4, v*z3+(1-
v)*z4],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
x5:=u*2 +(1-u)*(-2):          y5:=u*9 +(1-u)*9:   z5:=u*(-10) +(1-
u)*(-10):
x6:=u*(2) +(1-u)*(-2):        y6:=u*12 +(1-u)*12:   z6:=u*(-10)
+(1-u)*(-10):
a5:=plot3d([v*x5+(1-v)*x6,v*y5+(1-v)*y6, v*z5+(1-
v)*z6],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="Pink", style=patchnograd, lightmodel=light4):
x7:=u*2 +(1-u)*(2):           y7:=u*12 +(1-u)*12:   z7:=u*(-10)
+(1-u)*(-7):
x8:=u*(2) +(1-u)*(2):         y8:=u*9 +(1-u)*9:   z8:=u*(-10) +(1-
u)*(-7):
a6:=plot3d([v*x7+(1-v)*x8,v*y7+(1-v)*y8, v*z7+(1-
v)*z8],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="Pink", style=patchnograd, lightmodel=light4):
a7:=reflect(a6,[0,10.5,-8.5]):
>
z1:=translate(a,10,10,40):z2:=translate(a2,10,10,40):z3:=trans
late(a3,10,10,40):z4:=translate(a4,10,10,40):z5:=translate(a5,
10,10,40):z6:=translate(a6,10,10,40):z7:=translate(a7,10,10,40
):
> aal:=[seq([seq([i,j,0],i=0..20)],j=0..60)]:

```

```

> aa2:=[seq([seq([i,60,k],i=0..20)],k=0..10)]:
> aa3:=[seq([seq([i,j,10],i=0..20)],j=40..60)]:
> aa4:=[seq([seq([i,40,k],i=0..20)],k=10..20)]:
> aa5:=[seq([seq([i,j,20],i=0..20)],j=20..40)]:
> aa6:=[seq([seq([i,0,k],i=0..20)],k=0..30)]:
> aa7:=[seq([seq([i,j,30],i=0..20)],j=0..20)]:
> a8:=[seq([seq([i,20,k],i=0..20)],k=20..30)]:
> a9:=[seq([seq([0,j,k],j=0..60)],k=0..10)]:
a10:=[seq([seq([0,j,k],j=0..40)],k=10..20)]:
a11:=[seq([seq([0,j,k],j=0..20)],k=20..30)]:
> aa9:=[seq([seq([20,j,k],j=0..60)],k=0..10)]:
aa10:=[seq([seq([20,j,k],j=0..40)],k=10..20)]:
aa11:=[seq([seq([20,j,k],j=0..20)],k=20..30)]:
>
> b1:=surfdata(aa1):
> b2:=surfdata(aa2):
> b3:=surfdata(aa3):
> b4:=surfdata(aa4):
> b5:=surfdata(aa5):
> b6:=surfdata(aa6):
> b7:=surfdata(aa7):
> b8:=surfdata(a8):
> b9:=surfdata(a9):
> b10:=surfdata(a10):
> b11:=surfdata(a11):
> ba9:=surfdata(aa9):
> ba10:=surfdata(aa10):
> ba11:=surfdata(aa11):
>
display(b1,b2,b3,b4,b5,b6,b7,b8,b9,b10,b11,ba9,ba10,ba11,z1,z2
,z3,z4,z5,z6,z7);

```

B.2 Model komponen air mancur dengan dua sumbu penggabungan

```

> restart:with(geom3d):with(plots):with(plottools):
> a:=plot3d([8*sin(v)*cos(u),8*sin(v)*sin(u)-
15.14,8*cos(v)],u=0..Pi,v=0..Pi,scaling=constrained,
labels=[x,y,z],color="BlanchedAlmond"):
> b:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=100,x=-10..10,y=-9..9,z=-
7..7,scaling=constrained,labels=[x,y,z],color="MediumOrchid",
style=patchngrid,lightmodel=light4):
>
c:=plot3d([8*sin(v)*cos(u),8*sin(v)*sin(u)+15.14,8*cos(v)],u=0
..Pi,v=-
Pi..0,scaling=constrained,labels=[x,y,z],color="BlanchedAlmond
"):

```

```

> d:=plot3d([8*u*cos(v), -
15.14, 8*u*sin(v)], u=0..1, v=0..2*Pi, scaling=constrained, labels=
[x,y,z], color="BlanchedAlmond"):
>
e:=plot3d([8*u*cos(v), 15.14, 8*u*sin(v)], u=0..1, v=0..2*Pi, scali
ng=constrained, labels=[x,y,z], color="BlanchedAlmond"):
> f:=plot3d([(7.14*(1-t)^2+0*2*(1-
t)*t+t^2*7.14)*cos(v), (7.14*(1-t)^2+2*0*(1-
t)*t+t^2*7.14)*sin(v), (7.14*(1-t)^2+9*2*(1-
t)*t+t^2*11)], t=0..1, v=0..2*Pi, labels=[x,y,z], axes=normal, scal
ing=constrained):
> g:=plot3d([(7.14*(1-t)^2+0*2*(1-
t)*t+t^2*7.14)*cos(v), (7.14*(1-t)^2+2*0*(1-
t)*t+t^2*7.14)*sin(v), ((-30)*(1-t)^2+2*(-15)*(1-t)*t+t^2*(-
7.14))], t=0..1, v=0..2*Pi, labels=[x,y,z], axes=normal, scaling=co
nstrained):
>
> display(a,b,c,d,e,f,g);
>
> restart:with(geom3d):with(plots):with(plottools):
> ea:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=625, x=-25..25, y=-
(23)..(20), z=- (20)..25, scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="MediumOrchid", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> ea1:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*(3*cos(u)), (v*0+(1-
v)*0)+(20), v*15*sin(u)+(1-v)*(3*sin(u)-
12)], u=0..2*Pi, v=0..1, scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> ea2:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*0, (v*0+(1-v)*0)+(-
20), v*15*sin(u)+(1-v)*0], u=0..2*Pi, v=0..1, scaling=constrained,
labels=[x,y,z], color="BlueViolet", style=patchngrid,
lightmodel=light4):
> ea3:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*0, v*15*sin(u)+(1-v)*0, (v*0+(1-
v)*0)+(-20)], u=0..2*Pi, v=0..1, scaling=constrained,
labels=[x,y,z], color="BlueViolet", style=patchngrid,
lightmodel=light4):
c2:=plot3d([3*cos(u), v+20, 3*sin(u)-
12], u=Pi..2*Pi, v=0..5, scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="Green", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> display(ea, ea1, ea2, ea3):
>
z1:=translate(ea, 0, 0, 35): z2:=translate(ea1, 0, 0, 35): z3:=transla
te(ea2, 0, 0, 35): z4:=translate(ea3, 0, 0, 35): z5:=translate(c2, 0, 0,
35):
> e:=plot3d([15*cos(u), 15*sin(u), v], u=0..Pi/2, v=-
15..15, scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchngrid, lightmodel=light4):

```



```

> e1:=rotate(e,0,0,Pi):
> x9:=u*15 +(1-u)*15:      y9:=u*0 +(1-u)*0: z9:=u*15 +(1-
u)*(-15):
x10:=u*(-15) +(1-u)*(-15): y10:=u*0 +(1-u)*0: z10:=u*15 +(1-
u)*(-15):
e2:=plot3d([v*x9+(1-v)*x10,v*y9+(1-v)*y10, v*z9+(1-
v)*z10],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> e3:=rotate(e2,0,Pi/2,Pi/2):
> e4:=plot3d([7*cos(u),7*sin(u),v],u=0..2*Pi,v=-
15..15,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> e5:=plot3d([(9.8*(1-t)^2+0*2*(1-t)*t+t^2*9.8)*cos(v),((-
23)*(1-t)^2+(-30)*2*(1-t)*t+t^2*(-40)),(9.8*(1-t)^2+2*0*(1-
t)*t+t^2*9.8)*sin(v)+35],t=0..1,v=0..2*Pi,labels=[x,y,z],axes=
normal,scaling=constrained):
> a:=plot3d([11*sin(v)*cos(u),11*sin(v)*sin(u)-
45,11*cos(v)+35],u=0..2*Pi,v=0..Pi,scaling=constrained,
labels=[x,y,z],color="BlanchedAlmond"):
> display(e,e1,e2,e3,e4,e5,z1,z2,z4,z5,a);

```

B.3 Implementasi air mancur

```

>restart:with(geom3d):with(plots):with(plottools):
> ea:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=625,x=-25..25,y=-
(23)..(20),z=-20)..25,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="MediumOrchid", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> ea1:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*(3*cos(u)),(v*0+(1-
v)*0)+(20),v*15*sin(u)+(1-v)*(3*sin(u)-
12)],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> ea2:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-v)*0)+(-
20),v*15*sin(u)+(1-v)*0],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained,
labels=[x,y,z], color="BlueViolet", style=patchnogrid,
lightmodel=light4):
> ea3:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*0,v*15*sin(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-
v)*0)+(-20)],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained,
labels=[x,y,z], color="BlueViolet", style=patchnogrid,
lightmodel=light4):
c2:=plot3d([3*cos(u),3*v+20,3*sin(u)-
12],u=Pi..2*Pi,v=0..5,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="Green", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
> display(ea,ea1,ea2,ea3):
>
z1:=translate(ea,0,0,35):z2:=translate(ea1,0,0,35):z3:=transla
te(ea2,0,0,35):z4:=translate(ea3,0,0,35):z5:=translate(c2,0,0,
35):

```



```

> e:=plot3d([15*cos(u),15*sin(u),v],u=0..Pi/2,v=-
35..15,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> e1:=rotate(e,0,0,Pi):
> x9:=u*15 +(1-u)*15:      y9:=u*0 +(1-u)*0: z9:=u*15 +(1-
u)*(-35):
x10:=u*(-15) +(1-u)*(-15): y10:=u*0 +(1-u)*0: z10:=u*15 +(1-
u)*(-35):
e2:=plot3d([v*x9+(1-v)*x10,v*y9+(1-v)*y10, v*z9+(1-
v)*z10],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> e3:=rotate(e2,0,0,Pi/2):
> e4:=plot3d([7*cos(u),7*sin(u),v],u=0..2*Pi,v=-
35..15,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> e5:=plot3d([(9.8*(1-t)^2+0*2*(1-t)*t+t^2*9.8)*cos(v),((-
23)*(1-t)^2+(-30)*2*(1-t)*t+t^2*(-40)),(9.8*(1-t)^2+2*0*(1-
t)*t+t^2*9.8)*sin(v)+35],t=0..1,v=0..2*Pi,labels=[x,y,z],axes=
normal,scaling=constrained):
> a:=plot3d([11*sin(v)*cos(u),11*sin(v)*sin(u)-
45,11*cos(v)+35],u=0..2*Pi,v=0..Pi,scaling=constrained,
labels=[x,y,z],color="BlanchedAlmond"):
> display(e,e2,e3,e2,e4,e5,z1,z2,z4,z5,a);
> p1:=display({e,e2,e3,e2,e4,e5,z1,z2,z4,z5,a}):

> restart:with(geom3d):with(plots):with(plottools):
> ea:=implicitplot3d(x^2+y^2+z^2=625,x=-23..20,y=-
(23)..(20),z=-20)..25,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="MediumOrchid", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> ea1:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*(3*cos(u)),(v*0+(1-
v)*0)+(20),v*15*sin(u)+(1-v)*(3*sin(u)-
12)],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> ea3:=plot3d([v*15*cos(u)+(1-v)*0,v*15*sin(u)+(1-v)*0,(v*0+(1-
v)*0)+(-20)],u=0..2*Pi,v=0..1,scaling=constrained,
labels=[x,y,z], color="BlueViolet", style=patchngrid,
lightmodel=light4):
c2:=plot3d([3*cos(u),3*v+20,3*sin(u)-
12],u=Pi..2*Pi,v=0..5,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="Green", style=patchngrid, lightmodel=light4):
>
zx1:=rotate(ea1,0,0,Pi/2):zx2:=rotate(c2,0,0,Pi/2):z1:=transla
te(ea,0,0,35):z2:=translate(ea1,0,0,35):z4:=translate(ea3,0,0,
35):z5:=translate(c2,0,0,35):z6:=translate(zx1,0,0,35):z7:=tra
nslate(zx2,0,0,35):

```

```

> display(ea,ea1,zx1):
> e:=plot3d([15*cos(u),15*sin(u),v],u=0..Pi/2,v=-
35..15,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> e1:=rotate(e,0,0,Pi):
> x9:=u*15 +(1-u)*15:          y9:=u*0 +(1-u)*0:  z9:=u*15 +(1-
u)*(-35):
x10:=u*(-15) +(1-u)*(-15):  y10:=u*0 +(1-u)*0:  z10:=u*15 +(1-
u)*(-35):
e2:=plot3d([v*x9+(1-v)*x10,v*y9+(1-v)*y10, v*z9+(1-
v)*z10],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> e3:=rotate(e2,0,0,Pi/2):
> e4:=plot3d([7*cos(u),7*sin(u),v],u=0..2*Pi,v=-
35..15,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchngrid, lightmodel=light4):
> e5:=plot3d([(9.8*(1-t)^2+0*2*(1-t)*t+t^2*9.8)*cos(v),((-
23)*(1-t)^2+(-30)*2*(1-t)*t+t^2*(-40)),(9.8*(1-t)^2+2*0*(1-
t)*t+t^2*9.8)*sin(v)+35],t=0..1,v=0..2*Pi,labels=[x,y,z],axes=
normal,scaling=constrained):
> a:=plot3d([11*sin(v)*cos(u),11*sin(v)*sin(u)-
45,11*cos(v)+35],u=0..2*Pi,v=0..Pi,scaling=constrained,
labels=[x,y,z],color="BlanchedAlmond"):
> zxa1:=rotate(e5,0,0,Pi/2):zxa2:=rotate(a,0,0,Pi/2):
> display(e,e1,e3,e2,e4,e5,z1,z2,z4,z5,a,z6,z7,zxa1,zxa2):
>
p1:=display({e,e1,e3,e2,e4,e5,z1,z2,z4,z5,a,z6,z7,zxa1,zxa2}):
>
> ab:=implicitplot3d(x^2+y^2=100,x=-10..10,y=-10..9,z=-
10..10,scaling=constrained,labels=[x,y,z], color="BlueViolet",
style=patchngrid, lightmodel=light4):
> x1:=u*4.35 +(1-u)*2:          y1:=u*9 +(1-u)*9:  z1:=u*(-10)
+(1-u)*(-10):
x2:=u*(4.35) +(1-u)*(2):      y2:=u*9 +(1-u)*9:  z2:=u*(-5) +(1-
u)*(-5):
a2:=plot3d([v*x1+(1-v)*x2,v*y1+(1-v)*y2, v*z1+(1-
v)*z2],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchngrid, lightmodel=light4):
a3:=reflect(a2,[0,9,-7.5]):
x3:=u*4.35 +(1-u)*(-4.35):      y3:=u*9 +(1-u)*9:  z3:=u*(-5)
+(1-u)*(-5):
x4:=u*(4.35) +(1-u)*(-4.35):    y4:=u*9 +(1-u)*9:  z4:=u*(10)
+(1-u)*(10):
a4:=plot3d([v*x3+(1-v)*x4,v*y3+(1-v)*y4, v*z3+(1-
v)*z4],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchngrid, lightmodel=light4):

```

```

x5:=u*2 +(1-u)*(-2):          y5:=u*9 +(1-u)*9:   z5:=u*(-10) +(1-
u)*(-10):
x6:=u*(2) +(1-u)*(-2):       y6:=u*12 +(1-u)*12:   z6:=u*(-10)
+(1-u)*(-10):
a5:=plot3d([v*x5+(1-v)*x6,v*y5+(1-v)*y6, v*z5+(1-
v)*z6],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="Pink", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
x7:=u*2 +(1-u)*(2):          y7:=u*12 +(1-u)*12:   z7:=u*(-10)
+(1-u)*(-7):
x8:=u*(2) +(1-u)*(2):        y8:=u*9 +(1-u)*9:   z8:=u*(-10) +(1-
u)*(-7):
a6:=plot3d([v*x7+(1-v)*x8,v*y7+(1-v)*y8, v*z7+(1-
v)*z8],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="Pink", style=patchnogrid, lightmodel=light4):
a7:=reflect(a6,[0,10.5,-8.5]):

>
y1:=translate(ab,10,10,40):y2:=translate(a2,10,10,40):y3:=tran
sulate(a3,10,10,40):y4:=translate(a4,10,10,40):y5:=translate(a5
,10,10,40):y6:=translate(a6,10,10,40):y7:=translate(a7,10,10,4
0):
> aa1:=[seq([seq([i,j,0],i=0..20)],j=0..60)]:
> aa2:=[seq([seq([i,60,k],i=0..20)],k=0..10)]:
> aa3:=[seq([seq([i,j,10],i=0..20)],j=40..60)]:
> aa4:=[seq([seq([i,40,k],i=0..20)],k=10..20)]:
> aa5:=[seq([seq([i,j,20],i=0..20)],j=20..40)]:
> aa6:=[seq([seq([i,0,k],i=0..20)],k=0..30)]:
> aa7:=[seq([seq([i,j,30],i=0..20)],j=0..20)]:
> a8:=[seq([seq([i,20,k],i=0..20)],k=20..30)]:
> a9:=[seq([seq([0,j,k],j=0..60)],k=0..10)]:
a10:=[seq([seq([0,j,k],j=0..40)],k=10..20)]:
a11:=[seq([seq([0,j,k],j=0..20)],k=20..30)]:
> aa9:=[seq([seq([20,j,k],j=0..60)],k=0..10)]:
aa10:=[seq([seq([20,j,k],j=0..40)],k=10..20)]:
aa11:=[seq([seq([20,j,k],j=0..20)],k=20..30)]:
>
> b1:=surfdata(aa1):
> b2:=surfdata(aa2):
> b3:=surfdata(aa3):
> b4:=surfdata(aa4):
> b5:=surfdata(aa5):
> b6:=surfdata(aa6):
> b7:=surfdata(aa7):
> b8:=surfdata(a8):
> b9:=surfdata(a9):

```

```

> b10:=surfdata(a10):
> b11:=surfdata(a11):
> ba9:=surfdata(aa9):
> ba10:=surfdata(aa10):
> ba11:=surfdata(aa11):
>
display(b1,b2,b3,b4,b5,b6,b7,b8,b9,b10,b11,ba9,ba10,ba11,y1,y2
,y3,y4,y5,y6,y7):
>
p2:=display({b1,b2,b3,b4,b5,b6,b7,b8,b9,b10,b11,ba9,ba10,ba11,
y1,y2,y3,y4,y5,y6,y7}):
> tab10:=plot3d([200*cos(u)-80,200*sin(u)-80,v],u=0..Pi/2,v=-
40..-30,scaling=constrained, labels=[x,y,z], color="Bisque",
style=patchnograd, lightmodel=light4):
> tab11:=plot3d([(v*200*cos(u)+(1-v)*0)-80,(v*200*sin(u)+(1-
v)*0)-80,(v*0+(1-v)*0)-
40],u=0..Pi/2,v=0..1,scaling=constrained, labels=[x,y,z],
color="Bisque", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> xtab9:=u*0 +(1-u)*0:          ytab9:=u*0 +(1-u)*0: ztab9:=u*(-
40) +(1-u)*(-30):
xtab10:=u*(190) +(1-u)*(190): ytab10:=u*(0) +(1-u)*(0):
ztab10:=u*(-40) +(1-u)*(-30):
tab12:=plot3d([(v*xtab9+(1-v)*xtab10)-80,(v*ytab9+(1-
v)*ytab10)-80, v*ztab9+(1-
v)*ztab10],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
xtaba9:=u*0 +(1-u)*0:          ytaba9:=u*0 +(1-u)*0: ztaba9:=u*(-
40) +(1-u)*(-30):
xtaba10:=u*(0) +(1-u)*(0): ytaba10:=u*(190) +(1-u)*(190):
ztaba10:=u*(-40) +(1-u)*(-30):
taba12:=plot3d([(v*xtaba9+(1-v)*xtaba10)-80,(v*ytaba9+(1-
v)*ytaba10)-80, v*ztaba9+(1-
v)*ztaba10],u=0..1,v=0..1,scaling=constrained,labels=[x,y,z],
color="BlueViolet", style=patchnograd, lightmodel=light4):
> pa2:=translate(p2,-5,30,-35):
> p3:=display({p1,pa2,tab10,tab11,tab12,taba12}):
> p4:=rotate(pa2,0,0,Pi/2):
> display(p3,p4);

```