



**MODELISASI *HANDLE* PINTU DENGAN PENGGABUNGAN
KURVA BEZIER DAN HASIL DEFORMASI TABUNG**

SKRIPSI

Oleh

Nadhilah Putri Wahana

NIM 161810101068

JURUSAN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**MODELISASI *HANDLE* PINTU DENGAN PENGGABUNGAN
KURVA BEZIER DAN HASIL DEFORMASI TABUNG**

SKRIPSI

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

Oleh

Nadhilah Putri Wahana

NIM 161810101068

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

2020

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, dengan puji syukur kehadiran Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Ana Indriawati, S.Sos. dan Ayahanda Moh Wahid Hasyim, S.E. tercinta, terimakasih atas doa, perhatian, pengorbanan dan kasih sayang yang telah diberikan.
2. Bude Ir. Any Christianingrum dan Pakde Prof. Dr. sc. agr. Ir. Didik Sulistyanto terimakasih telah menjadi sosok orang tua di Jember.
3. Adik tersayang Faris Milzam Putra Wahana yang memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Guru-guru sejak Taman Kanak-kanak hingga Perguruan Tinggi, yang telah memberikan banyak ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran.
5. Almamater Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, SMA Negeri 14 Surabaya, SMP Negeri 12 Surabaya, SD An-Najiyah, dan TK An-Najiyah.

MOTTO

Man Jadda Wajada

(Ahmad Fuadi)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nadhilah Putri Wahana

NIM : 161810101068

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Modelisasi *Handle* Pintu dengan Penggabungan Kurva Bezier dan Hasil Deformasi Tabung” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2020
yang menyatakan,

Nadhilah Putri Wahana
NIM 161810101068

SKRIPSI

**MODELISASI *HANDLE* PINTU DENGAN PENGGABUNGAN KURVA
BEZIER DAN HASIL DEFORMASI TABUNG**



Oleh
Nadhilah Putri Wahana
NIM 161810101068

Pembimbing:

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Modelisasi *Handle* Pintu dengan Penggabungan Kurva Bezier dan Hasil Deformasi Tabung” telah diuji dan disahkan pada:

hari :

tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Bagus Juliyanto, S.Si., M.Si.

Dr. Firdaus Ubaidillah, S.Si., M.Si.

NIP. 198007022003121001

NIP. 197006061998031003

Anggota II,

Anggota III,

Prof. Drs. I Made Tirta, M.Sc., Ph.D.

Dr. Kristiana Wijaya, S.Si., M.Si.

NIP. 195912201985031002

NIP. 197408132000032004

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Jember

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.

NIP. 195910091986021001

RINGKASAN

Modelisasi *Handle* Pintu dengan Penggabungan Kurva Bezier dan Hasil Deformasi Tabung; Nadhilah Putri Wahana; 161810101068; 2020; 78 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Handle pintu merupakan salah satu bagian penting dari pintu, yang berfungsi sebagai pegangan saat menutup atau membuka pintu. *Handle* pintu terbagi menjadi tiga bagian yaitu bagian badan *handle*, bagian kaki *handle*, dan bagian alas kaki *handle*. Badan *handle* pintu adalah bagian utama dari *handle* yang berfungsi untuk pegangan, terbagi menjadi lima bagian. Kaki *handle* adalah bagian penyangga antara badan dan alas kaki *handle*. Alas kaki *handle* adalah bagian dasar dari *handle* pintu, terbagi menjadi dua bagian. Desain *handle* pintu memiliki bentuk kelengkungan pada beberapa bagian. Bagian kelengkungan-kelengkungan tersebut dapat dibentuk dengan menggunakan kurva Bezier.

Penelitian kali ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya tentang modelisasi *handle* pintu melalui penggabungan beberapa benda geometri ruang, diantaranya bola, tabung, dan balok. Pada penelitian sebelumnya, metode yang digunakan yaitu penggabungan dan deformasi benda-benda ruang. Penelitian sebelumnya menghasilkan *handle* pintu yang dibangun dari benda-benda geometri ruang yang dideformasi dengan beberapa cara pemotongan dan penggabungan. Penelitian kali ini memberikan variasi lain yaitu dengan menggunakan kurva Bezier dan deformasi tabung.

Modelisasi *handle* pintu terbagi menjadi empat tahap. Pertama memodelisasi badan *handle* dengan cara dibagi menjadi lima bagian. Bagian pertama dan kelima badan *handle* dikonstruksikan tabung searah sumbu y . Bagian kedua dan keempat badan *handle* terdiri dari tiga bagian yang membentuk kelengkungan pada setiap bagiannya, untuk membentuk kelengkungan tersebut menggunakan metode deformasi dilatasi lalu ditransalasi dan kurva Bezier. Bagian ketiga badan *handle* dikonstruksi dari kurva Bezier. Kedua memodelisasi kaki

handle pintu. Kaki *handle* pintu dikonstruksikan dengan menggunakan kurva Bezier berderajat dua searah sumbu z. Ketiga memodelisasi alas kaki *handle* pintu. Alas kaki *handle* pintu terbagi menjadi dua bagian, tiap bagian membentuk kelengkungan, kelengkungan tersebut menggunakan metode deformasi dilatasi lalu ditransalasi dan kurva Bezier. Keempat penggabungan badan, kaki dan alas kaki *handle* pintu. Penggabungan *handle* pintu membagi sumbu z menjadi tiga segmen. Ketiga segmen pada sumbu z terbagi menjadi bagian 1, bagian 2, dan bagian 3. Penggabungan alas kaki, kaki, dan badan *handle* mengikuti urutan bagian-bagian sehingga akan menghasilkan variasi *handle* pintu.

Hasil penelitian ini mendapatkan model *handle* pintu yang bervariasi, dengan menggunakan teknik deformasi. Teknik deformasi yang digunakan yaitu dilatasi, translasi, dan kurva Bezier berderajat $n = 2,4,6,8$. Model *handle* pintu yang diperoleh dapat divisualisasikan dengan *software* Maple 18.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Modelisasi *Handle* Pintu dengan Penggabungan Kurva Bezier dan Hasil Deformasi Tabung”. 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.

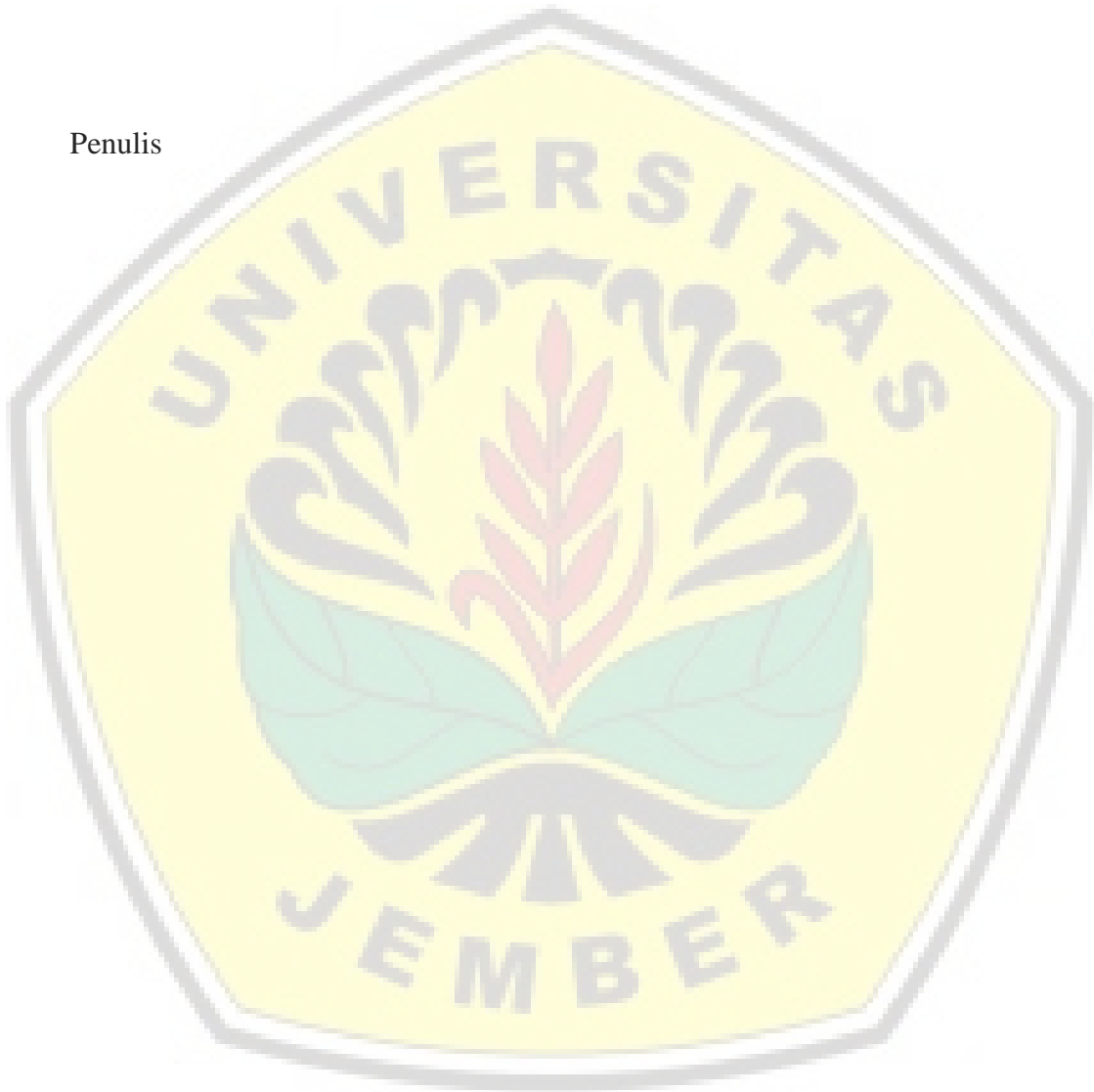
Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bagus Juliyanto, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Firdaus Ubaidillah, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
2. Prof. Drs. I Made Tirta, M.Sc., Ph.D. dan Dr. Kristiana Wijaya, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini.
3. Ikhsanul Halikin, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing saya dari awal masa perkuliahan.
4. Muhammad Bagus Firman Triadi, S.Si. yang telah memberikan semangat selama perkuliahan dan membantu dalam penyusunan skripsi.
5. Semua teman-teman angkatan 2016, Call Center (Manda, Agustin, Vani, Vian), Himasurya, Kos Bu Any (Mbak Dewi, Mbak Nisa, Mbak Vanna, Mbak Aisyah, Mbak Anis, Mbak Elok, Mbak Zahra, Mbak Nadya, Mbak Bella, dan Mbak Widya), Teman seperjuangan GRB (Isti, Cristin, Syurur, Annisa, Rofika), dan semua teman-teman Jurusan Matematika yang telah memberikan dukungan, bantuan dan motivasi selama masa perkuliahan ini.
6. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

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

Jember, Juli 2020

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penyajian Segmen garis di R^3	4
2.2 Penyajian Tabung	5
2.3 Deformasi	6
2.3.1 Deformasi Sebagian	6
2.3.2 Deformasi Total	7
2.4 Kurva Bezier	8
2.5 Transformasi	11
2.5.1 Dilatasi	11
2.5.2 Translasi	11
2.6 Penyajian Lingkaran di R^3	12

2.7 Permukaan Putar	13
2.8 Penyajian di Maple 18	15
2.8.1 Penyajian Segmen garis di ruang	15
2.8.2 Penyajian Kurva Bezier	15
2.8.3 Penyajian Lingkaran di ruang	16
2.8.4 Penyajian Permukaan Putar Bezier	17
BAB 3. METODE PENELITIAN	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Modelisasi Badan <i>Handle</i>	23
4.2 Modelisasi Kaki <i>Handle</i>	44
4.3 Modelisasi Alas Kaki <i>Handle</i>	46
4.4 Penggabungan Bagian-bagian <i>Handle Pintu</i>	51
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	58

DAFTAR GAMBAR

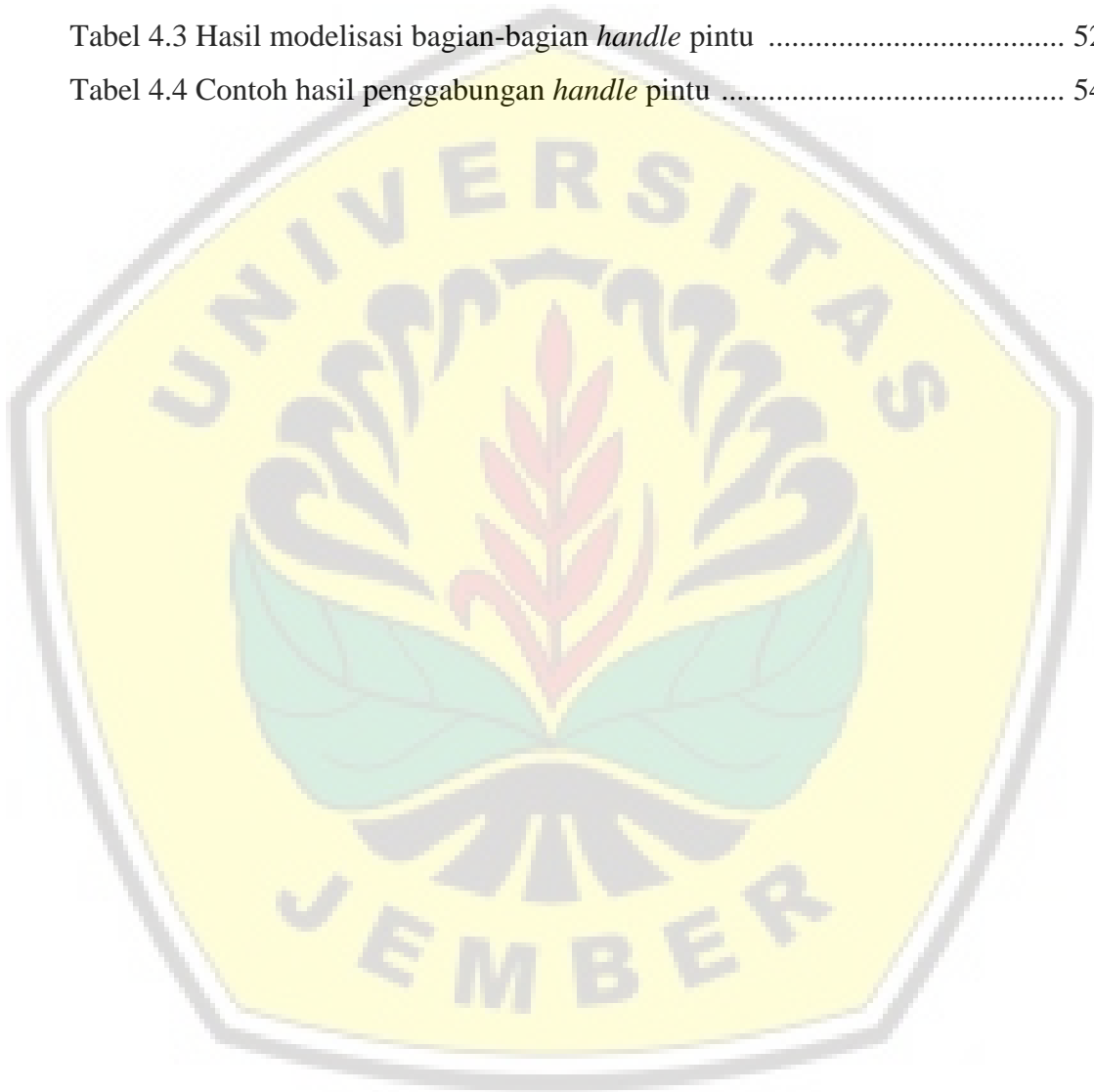
	Halaman
Gambar 1.1 Contoh gambar dan bagian-bagian <i>handle</i> pintu	1
Gambar 2.1 Penyajian segmen garis di ruang	4
Gambar 2.2 Penyajian tabung	5
Gambar 2.3 Penyajian tabung dengan beragam sumbu	6
Gambar 2.4 Deformasi sebagian	7
Gambar 2.5 Deformasi total	7
Gambar 2.6 Penyajian liangkar di ruang	13
Gambar 2.7 Permukaan putar	13
Gambar 2.8 Permukaan putar kurva $C(t)$	15
Gambar 2.9 Penyajian segmen garis di R^3 pada Maple 18	15
Gambar 2.10 Penyajian kurva Bezier pada Maple 18	16
Gambar 2.11 Penyajian lingkaran pada Maple 18	16
Gambar 2.12 Penyajian permukaan putar Bezier pada Maple 18	17
Gambar 3.1 Segmen garis <i>handle</i> pintu	18
Gambar 3.2 Bagian-bagian badan <i>handle</i> pintu	19
Gambar 3.3 Tabung	19
Gambar 3.4 Tabung yang dideformasi dengan metode dilatasi dan translasi	19
Gambar 3.5 Gambar badan <i>handle</i> dengan metode kurva Bezier	20
Gambar 3.6 Gambar deformasi tabung dengan metode kurva Bezier	20
Gambar 3.7 Gambar deformasi tabung dengan metode dilatasi dan translasi	20
Gambar 3.8 Gambar hasil penggabungan <i>handle</i> pintu	21
Gambar 3.9 Skema metode penelitian <i>handle</i> pintu	22
Gambar 4.1 Segmen garis badan <i>handle</i>	23
Gambar 4.2 Penyajian permukaan putar tabung bagian satu dan bagian lima pada Maple 18	24
Gambar 4.3 Segmen garis pada bagian dua dan bagian empat	24
Gambar 4.4 Penyajian permukaan putar tabung bagian dua dan bagian empat ...	25
Gambar 4.5 Konstruksi untuk mendeformasi tabung	25

Gambar 4.6 Kurva batas kelengkungan pertama badan <i>handle</i> pada Maple 18	. 26
Gambar 4.7 Permukaan putar kelengkungan pertama badan <i>handle</i> pada Maple 18	..... 26
Gambar 4.8 Kurva batas kelengkungan kedua badan <i>handle</i> pada Maple 18	..... 28
Gambar 4.9 Permukaan putar kelengkungan kedua badan <i>handle</i> pada Maple 18	..... 29
Gambar 4.10 Lingkaran 1 pada Maple 18	..... 29
Gambar 4.11 Hasil penggabungan kelengkungan pertama dan kelengkungan kedua badan <i>handle</i> pada Maple 18	..... 29
Gambar 4.12 kurva batas kelengkungan ketiga badan <i>handle</i> pada Maple 18	.... 31
Gambar 4.13 Permukaan putar kelengkungan ketiga badan <i>handle</i> pada Maple 18	.....32
Gambar 4.14 Lingkaran 2 pada Maple 18	..... 32
Gambar 4.15 Hasil penggabungan kelengkungan pertama, kedua, dan ketiga badan <i>handle</i> pada Maple 18	..... 32
Gambar 4.16 Kurva batas bagian ketiga model 1 Bezier berderajat dua dengan tinggi $t = 24$ pada Maple 18	..... 33
Gambar 4.17 Kurva batas bagian ketiga Bezier berderajat empat pada Maple 18	.....35
Gambar 4.18 Kurva batas bagian ketiga Bezier berderajat enam pada Maple 18	.....36
Gambar 4.19 Kurva batas bagian ketiga Bezier berderajat delapan pada Maple 18	..... 38
Gambar 4.20 Permukaan putar bagian ketiga model 1 Bezier berderajat dua pada Maple 18	..... 39
Gambar 4.21 Permukaan putar bagian ketiga Bezier berderajat empat pada Maple 18	.....39
Gambar 4.22 Permukaan putar bagian ketiga Bezier berderajat enam pada Maple 18	..... 40
Gambar 4.23 Permukaan putar bagian ketiga Bezier berderajat delapan pada Maple 18	.....41

Gambar 4.24 Pembagian sumbu bagian-bagian badan <i>handle</i> pintu	41
Gambar 4.25 Kurva batas kaki <i>handle</i> pada Maple 18	45
Gambar 4.26 Permukaan putar kaki <i>handle</i> pada Maple 18	46
Gambar 4.27 Segmen garis pada alas kaki <i>handle</i>	46
Gambar 4.28 Penyajian permukaan putar tabung alas kaki <i>handle</i>	47
Gambar 4.29 Konstruksi untuk mendeformasi tabung	47
Gambar 4.30 Kurva batas kelengkungan pertama alas kaki <i>handle</i> pada Maple 18	47
Gambar 4.31 Permukaan putar kelengkungan pertama alas kaki <i>handle</i> pada Maple 18	48
Gambar 4.32 Kurva batas kelengkungan kedua alas kaki <i>handle</i> pada Maple 18	50
Gambar 4.33 Permukaan putar kelengkungan kedua alas kaki <i>handle</i> pada Maple 18	50
Gambar 4.34 Lingkaran 3 pada Maple 18	51
Gambar 4.35 Hasil penggabungan kelengkungan pertama dan kelengkungan kedua alas kaki <i>handle</i> pada Maple 18	51
Gambar 4.36 Pembagian sumbu bagian-bagian <i>handle</i> pintu	52

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Hasil modelisasi bagian-bagian badan <i>handle</i>	42
Tabel 4.2 Hasil penggabungan badan <i>handle</i>	43
Tabel 4.3 Hasil modelisasi bagian-bagian <i>handle</i> pintu	52
Tabel 4.4 Contoh hasil penggabungan <i>handle</i> pintu	54



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Nilai-Nilai untuk B_i^n dengan $0 \leq i \leq n$	58
A.1 Kurva Bezier $n = 6$	58
A.2 Kurva Bezier $n = 8$	59
B. Script Maple 18	60
B.1 Kurva Bezier berderajat empat	60
B.2 Kurva Bezier berderajat enam	60
B.3 Kurva Bezier berderajat delapan	60
B.4 Permukaan putar Bezier berderajat empat	61
B.5 Permukaan putar Bezier berderajat enam	61
B.6 Permukaan putar Bezier berderajat delapan	61
B.7 Penyajian tabung bagian satu dan bagian lima	62
B.8 Penyajian tabung bagian dua dan bagian empat	62
B.9 Kurva batas kelengkungan pertama badan <i>handle</i>	62
B.10 Permukaan putar kelengkungan pertama badan <i>handle</i>	62
B.11 Kurva batas kelengkungan kedua badan <i>handle</i>	62
B.12 Permukaan putar kelengkungan kedua badan <i>handle</i>	62
B.13 Kurva batas kelengkungan ketiga badan <i>handle</i>	62
B.14 Permukaan putar kelengkungan ketiga badan <i>handle</i>	63
B.15 Kurva batas bagian ketiga model 1 Bezier berderajat dua $t = 24$	63
B.16 Kurva batas bagian ketiga Bezier berderajat empat	63
B.17 Kurva batas bagian ketiga Bezier berderajat enam	64
B.18 Kurva batas bagian ketiga Bezier berderajat delapan	64
B.19 Permukaan putar bagian ketiga model 1 Bezier berderajat dua $t = 24$	65
B.20 Permukaan putar bagian ketiga Bezier berderajat empat	65
B.21 Permukaan putar bagian ketiga Bezier berderajat enam	66
B.22 Permukaan putar bagian ketiga Bezier berderajat delapan	67
B.23 Kurva batas kaki <i>handle</i>	67
B.24 Permukaan putar kaki <i>handle</i>	68

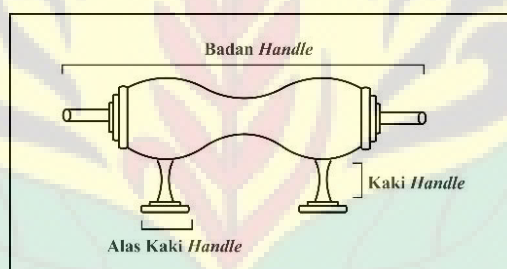
B.25 Penyajian permukaan putar tabung alas kaki <i>handle</i>	68
B.26 Kurva batas kelengkungan pertama alas kaki <i>handle</i>	68
B.27 Permukaan putar kelengkungan pertama alas kaki <i>handle</i>	68
B.28 Kurva batas kelengkungan kedua alas kaki <i>handle</i>	69
B.29 Permukaan putar kelengkungan kedua alas kaki <i>handle</i>	69
B.30 Hasil penggabungan bagian-bagian <i>handle</i> pintu	69



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Handle pintu merupakan salah satu bagian penting dari pintu, yang berfungsi sebagai pegangan saat menutup atau membuka pintu. Bahan utama *handle* pintu menyesuaikan kebutuhan, desain pintu dan kekuatan yang disesuaikan kebutuhan. Bagian *handle* pintu terbagi menjadi tiga bagian yaitu bagian badan *handle*, bagian kaki *handle*, dan bagian alas kaki *handle*. Badan *handle* pintu adalah bagian utama dari *handle* yang berfungsi untuk pegangan, terbagi menjadi lima bagian. Kaki *handle* adalah bagian penyangga antara badan dan alas *handle*. Alas kaki *handle* adalah bagian dasar dari *handle* pintu, terbagi menjadi dua bagian. Contoh gambar bagian-bagian *handle* pintu dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Contoh gambar dan bagian-bagian *handle* pintu

Di era saat ini, bahan dan desain *handle* pintu semakin bervariasi. Beberapa desain pada *handle* pintu memiliki bentuk kelengkungan pada bagian-bagiannya. Bagian - bagian kelengkungan tersebut dapat dibentuk dengan memanfaatkan salah satu ilmu matematika yaitu kurva Bezier.

Matematika memiliki cabang ilmu salah satunya yaitu geometri. Geometri mempelajari titik, garis, dan bidang yang setiap unsurnya saling berkaitan. Ketiga hal tersebut berperan dalam pembentukan benda-benda geometri ruang (Aini, 2012). Kurva adalah salah satu komponen dalam geometri ruang. Menurut Suciati (2004) kurva merupakan kumpulan titik pada ruang yang berdimensi satu. Kurva ada beberapa macam salah satunya yaitu kurva Bezier. Kurva Bezier adalah kurva

yang halus (Haryono, 2014). Benda-benda ruang geometri dapat dilakukan perubahan pada bentuknya, yang biasanya dikenal dengan deformasi.

Astuti dan Kusno (2012) penelitian sebelumnya telah melakukan peneliti tentang mendesain benda seperti rak penataan barang. Dalam penelitiannya menggunakan teknik deformasi pada bangun ruang dan kurva Bezier. Triadi (2020) melakukan penelitian tentang aplikasi kurva Bezier pada desain botol minuman. Dalam penelitiannya, kurva Bezier yang digunakan yaitu kurva Bezier berderajat kurang dari atau sama dengan enam ($n \leq 6$). Budiono (2011) melakukan penelitian tentang modelisasi *handle* pintu melalui penggabungan beberapa benda geometri ruang, diantaranya bola, tabung, balok. Teknik yang digunakan yaitu penggabungan benda-benda ruang. Berdasarkan dari penelitian sebelumnya yaitu modelisasi *handle* pintu beberapa metode yang digunakan yaitu penggabungan beberapa benda geometri ruang, pada penelitian ini bertujuan memberi variasi dengan cara menggunakan metode lain dalam modelisasi *handle* pintu, dengan mengaplikasikan kurva Bezier berderajat dua, empat, enam dan delapan ($n = 2, 4, 6$ dan 8) dan deformasi tabung.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana membangun model *handle* pintu dengan teknik deformasi?
- b. Bagaimana memvisualisasikan model *handle* pintu yang diperoleh pada (1) berbantu komputer?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Memperoleh metode hitung badan *handle* pintu.
- b. Memperoleh metode hitung kaki *handle* pintu.
- c. Memperoleh metode hitung alas kaki *handle* pintu.
- d. Memperoleh metode hitung untuk penggabungan badan, kaki dan alas kaki *handle* pintu.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari modelisasi *handle* pintu adalah sebagai berikut:

- a. Menambah wawasan dalam bidang Geometri Rancang Bangun khususnya modelisasi *handle* pintu.
- b. Memberikan referensi inovasi model-model *handle* pintu untuk pembaca.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

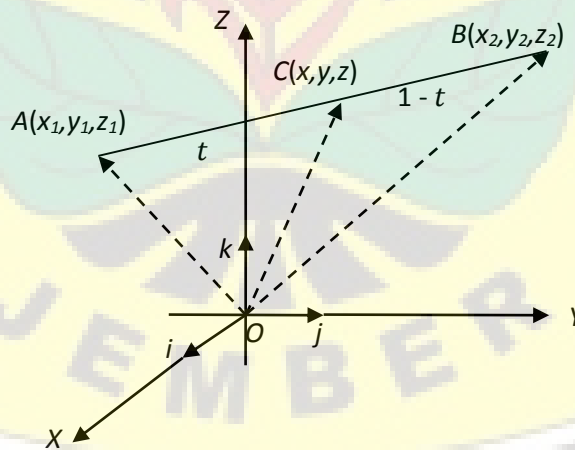
Pada Bab 1 telah dijelaskan persoalan membuat desain *handle* pintu, maka pada bab ini akan disajikan dasar teori yang berkaitan dengan metode hitung untuk membangun desain *handle* pintu. Dasar teori yang akan disajikan yaitu segmen garis di R^3 , penyajian tabung, deformasi, kurva Bezier, transformasi, penyajian lingkaran di R^3 , permukaan putar, visualisasi benda di Maple 18. Hal ini bertujuan untuk memudahkan proses modelisasi *handle* pintu.

2.1 Penyajian Segmen garis di R^3

Menurut Kusno (2002), diberikan dua buah titik berbeda di ruang dengan koordinat masing-masing $A(x_1, y_1, z_1)$ dan $B(x_2, y_2, z_2)$, sehingga segmen garis \overline{AB} dapat didefinisikan secara vektorial sebagai berikut (Gambar 2.1) dengan persamaan di bawah ini:

$$\overrightarrow{OC} = (1-t)\overrightarrow{OA} + t\overrightarrow{OB} \quad (2.1)$$

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



Gambar 2.1 Penyajian segmen garis di ruang (Sumber: Kusno, 2002)

dengan demikian persamaan parametrik segmen garis dapat diperoleh sebagai berikut:

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

atau

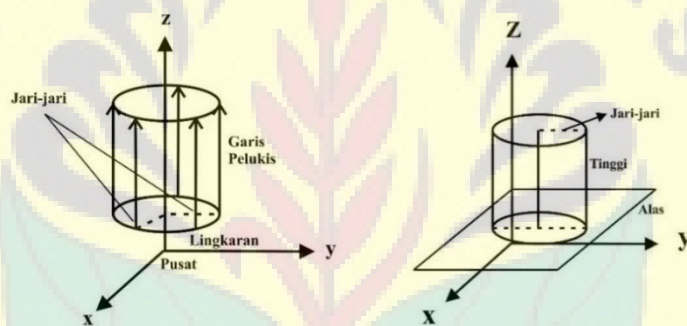
$$x = (1-t)x_1 + tx_2,$$

$$y = (1 - t) y_1 + t y_2, \quad (2.3)$$

$$z = (1 - t) z_1 + t z_2.$$

2.2 Penyajian Tabung

Tabung adalah suatu bangun geometri ruang yang dibangun dengan garis lurus sejajar dan garis lurus tertentu yang disebut dengan sumbu putar atau poros, lalu yang bergerak sejajar jari-jari serta bersifat konstan. Tabung juga dapat diartikan dengan silinder lingkaran tegak yang merupakan tempat kedudukan garis-garis yang sejajar tegak dan berjarak sama terhadap garis tertentu (Suryadi, 1986) (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Penyajian tabung (Sumber: Suryadi, 1986)

Menurut Kusno dkk. (2019) 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 2.3(a)).

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

$$L(\theta) = \langle x_1 + R \cos\theta, y_1 + R \sin\theta, z_1 \rangle \quad (2.4)$$

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

2. Translasikan lingkaran (2.4) dari z_1 sampai $z_1 + t$ sehingga terbentuk persamaan parametrik tabung.

$$T(\theta, z) = \langle x_1 + R \cos \theta, y_1 + R \sin \theta, z \rangle \quad (2.5)$$

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 2.3(b))

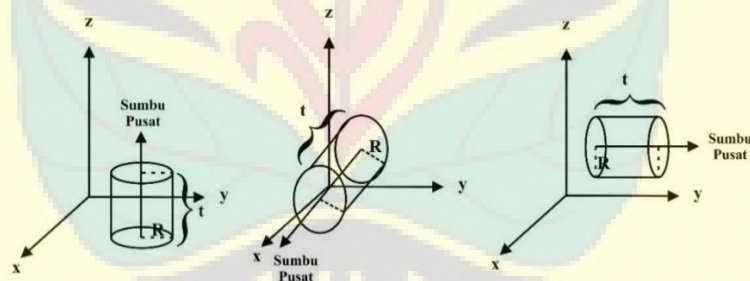
$$T(\theta, x) = \langle x, y_1 + R \cos \theta, z_1 + R \sin \theta \rangle \quad (2.6)$$

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 mengulangi langkah a dan didapatkan persamaan (Gambar 2.3(c))

$$T(\theta, y) = \langle x_1 + R \cos \theta, y, z_1 + R \sin \theta \rangle \quad (2.7)$$

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



(a) Sumbu pusat sejajar Z (b) Sumbu pusat sejajar X (c) Sumbu pusat sejajar Y

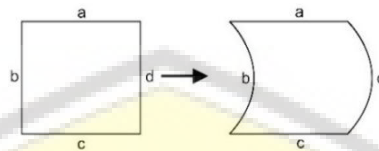
Gambar 2.3 Penyajian tabung dengan beragam sumbu (Sumber: Kusno, 2009)

2.3 Deformasi

Deformasi merupakan proses untuk mengubah bentuk benda awal menjadi bentuk benda yang baru. Menurut Kuang (1996) deformasi adalah proses perubahan bentuk atau ukuran (panjang, tinggi, lebar, volume, dan jari-jari) dari suatu benda. Deformasi dibagi menjadi dua, yaitu deformasi sebagian dan deformasi total.

2.3.1 Deformasi sebagian

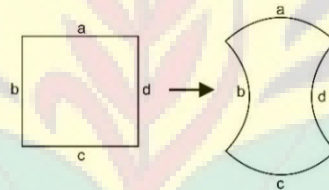
Deformasi sebagian adalah mengubah sebagian bentuk atau ukuran benda. Pada Gambar 2.4 sebagian sisi persegi yang terdeformasi adalah sisi b dan sisi d, sedangkan sisi a dan sisi c tetap.



Gambar 2.4 Deformasi sebagian

2.3.2 Deformasi total

Deformasi total adalah merubah bentuk dan ukuran suatu benda sehingga benda yang dihasilkan berbeda dari keadaan benda awal. Pada Gambar 2.5 semua sisi persegi yang terdeformasi adalah sisi a, b, c dan d.



Gambar 2.5 Deformasi total

Macam-macam teknik deformasi sebagai berikut:

- Pemotongan (interseksi) : Memotong suatu objek ruang menggunakan bidang atau memotong objek bidang menggunakan garis.
- Memutar Kurva : Memutar kurva pada sumbu yang telah ditetapkan.
- Dilatasi : Memperbesar atau memperkecil objek.
- Interpolasi : Membangun suatu permukaan yang dibatasi oleh dua kurva.
- Memuntir : Merotasi atau memutar salah satu ujung objek.
- Kurva Bezier : Mengubah suatu segmen garis menjadi kurva Bezier yang dibentuk oleh 2 titik tetap dan $(n - 1)$ titik

kontrol, n sebagai derajat kurva. Persamaan kurva Bezier derajat n dapat dilihat pada Persamaan (2.8).

2.4 Kurva Bezier

Menurut Kusno (2019) penyajian kurva Bezier berderajat- n $C(t)$ dinyatakan dalam bentuk parametrik berikut:

$$C(t) = \sum_{i=0}^n P_i B_i^n(t), 0 \leq t \leq 1 \quad (2.8)$$

dengan

$$B_i^n(t) = C_i^n (1-t)^{n-i} \cdot t^i$$

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

P_i = Koefisien geometri atau titik kontrol $C(t)$

Persamaan kurva Bezier berderajat n dengan $n = 2, 4, 6, 8$

a. Persamaan kurva Bezier berderajat dua ($n = 2$)

$$\begin{aligned} C(t) &= \sum_{i=0}^2 P_i B_i^2(t) \\ &= P_0 B_0^2(t) + P_1 B_1^2(t) + P_2 B_2^2(t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_0^2(t) &= C_0^2 (1-t)^{2-0} \cdot t^0 \\ &= \frac{2!}{0!(2-0)!} (1-t)^2 \\ &= (1-t)^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1^2(t) &= C_1^2 (1-t)^{2-1} \cdot t^1 \\ &= \frac{2!}{1!(2-1)!} (1-t) \cdot t \\ &= 2t(1-t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_2^2(t) &= C_2^2 (1-t)^{2-2} \cdot t^2 \\ &= \frac{2!}{2!(2-2)!} t^2 \\ &= t^2 \end{aligned}$$

Persamaan kurva Bezier berderajat dua diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C(t) &= \mathbf{P}_0(1-t)^2 + \mathbf{P}_1(2t(1-t)) + \mathbf{P}_2t^2 \\ &= \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} (1-t)^2 + \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} (2t(1-t)) + \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} t^2 \end{aligned} \quad (2.9)$$

Sehingga persamaan parametrik kurva Bezier berderajat dua dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C(t) &= \langle (x_0(1-t)^2 + x_1(2t(1-t)) + x_2t^2); \\ & (y_0(1-t)^2 + y_1(2t(1-t)) + y_2t^2); \\ & (z_0(1-t)^2 + z_1(2t(1-t)) + z_2t^2) \rangle \end{aligned}$$

b. Persamaan kurva Bezier berderajat empat ($n = 4$)

Persamaan kurva Bezier berderajat empat adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C(t) &= \mathbf{P}_0(1-t)^4 + \mathbf{P}_1(4t(1-t)^3) + \mathbf{P}_2(6t^2(1-t)^2) + \mathbf{P}_3(4t^3(1-t)) \\ & \quad + \mathbf{P}_4t^4 \\ &= \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} (1-t)^4 + \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} (4t(1-t)^3) + \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} (6t^2(1-t)^2) \\ & \quad + \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{pmatrix} (4t^3(1-t)) + \begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \\ z_4 \end{pmatrix} t^4 \\ &= \langle (x_0(1-t)^4 + x_1(4t(1-t)^3) + x_2(6t^2(1-t)^2) + x_3(4t^3(1-t)) + x_4t^4); \\ & (y_0(1-t)^4 + y_1(4t(1-t)^3) + y_2(6t^2(1-t)^2) + y_3(4t^3(1-t)) + y_4t^4); \\ & (z_0(1-t)^4 + z_1(4t(1-t)^3) + z_2(6t^2(1-t)^2) + z_3(4t^3(1-t)) + z_4t^4) \rangle \end{aligned} \quad (2.10)$$

c. Persamaan kurva Bezier berderajat enam ($n = 6$) (Lampiran A.1)

Persamaan kurva Bezier berderajat enam adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C(t) &= \mathbf{P}_0(1-t)^6 + \mathbf{P}_1(6t(1-t)^5) + \mathbf{P}_2(15t^2(1-t)^4) \\ & \quad + \mathbf{P}_3(20t^3(1-t)^3) + \mathbf{P}_4(15t^4(1-t)^2) \\ & \quad + \mathbf{P}_5(6t^5(1-t)) + \mathbf{P}_6t^6 \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned}
&= \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} (1-t)^6 + \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} (6t(1-t)^5) + \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} (15t^2(1-t)^4) \\
&\quad + \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{pmatrix} (20t^3(1-t)^3) + \begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \\ z_4 \end{pmatrix} (15t^4(1-t)^2) \\
&\quad + \begin{pmatrix} x_5 \\ y_5 \\ z_5 \end{pmatrix} (6t^5(1-t)) + \begin{pmatrix} x_6 \\ y_6 \\ z_6 \end{pmatrix} t^6 \\
&= \langle (x_0(1-t)^6 + x_1(6t(1-t)^5) + x_2(15t^2(1-t)^4) + x_3(20t^3(1-t)^3) \\
&\quad + x_4(15t^4(1-t)^2) + x_5(6t^5(1-t)) + x_6t^6); \\
&\quad (y_0(1-t)^6 + y_1(6t(1-t)^5) + y_2(15t^2(1-t)^4) + y_3(20t^3(1-t)^3) \\
&\quad + y_4(15t^4(1-t)^2) + y_5(6t^5(1-t)) + y_6t^6); \\
&\quad (z_0(1-t)^6 + z_1(6t(1-t)^5) + z_2(15t^2(1-t)^4) + z_3(20t^3(1-t)^3) \\
&\quad + z_4(15t^4(1-t)^2) + z_5(6t^5(1-t)) + z_6t^6) \rangle
\end{aligned}$$

c. Persamaan kurva Bezier berderajat delapan ($n = 8$) (Lampiran A.2)

Persamaan kurva Bezier berderajat delapan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
C(t) &= \mathbf{P}_0(1-t)^8 + \mathbf{P}_1(8t(1-t)^7) + \mathbf{P}_2(28t^2(1-t)^6) & (2.12) \\
&\quad + \mathbf{P}_3(56t^3(1-t)^5) + \mathbf{P}_4(70t^4(1-t)^4) \\
&\quad + \mathbf{P}_5(56t^5(1-t)^3) \\
&\quad + \mathbf{P}_6(28t^6(1-t)^2) + \mathbf{P}_7(8t^7(1-t)^1) + \mathbf{P}_8t^8 \\
&= \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} (1-t)^8 + \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} (8t(1-t)^7) + \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} (28t^2(1-t)^6) \\
&\quad + \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{pmatrix} (56t^3(1-t)^5) + \begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \\ z_4 \end{pmatrix} (70t^4(1-t)^4) \\
&\quad + \begin{pmatrix} x_5 \\ y_5 \\ z_5 \end{pmatrix} (56t^5(1-t)^3) + \begin{pmatrix} x_6 \\ y_6 \\ z_6 \end{pmatrix} (28t^6(1-t)^2) \\
&\quad + \begin{pmatrix} x_7 \\ y_7 \\ z_7 \end{pmatrix} (8t^7(1-t)^1) + \begin{pmatrix} x_8 \\ y_8 \\ z_8 \end{pmatrix} t^8
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \langle (x_0(1-t)^8 + x_1(8t(1-t)^7) + x_2(28t^2(1-t)^6) + x_3(56t^3(1-t)^5) \\
&\quad + x_4(70t^4(1-t)^4) + x_5(56t^5(1-t)^3) + x_6(28t^6(1-t)^2) \\
&\quad + x_7(8t^7(1-t)^1) + x_8t^8); \\
&\quad (y_0(1-t)^8 + y_1(8t(1-t)^7) + y_2(28t^2(1-t)^6) + y_3(56t^3(1-t)^5) \\
&\quad + y_4(70t^4(1-t)^4) + y_5(56t^5(1-t)^3) + y_6(28t^6(1-t)^2) \\
&\quad + y_7(8t^7(1-t)^1) + y_8t^8); \\
&\quad (z_0(1-t)^8 + z_1(8t(1-t)^7) + z_2(28t^2(1-t)^6) + z_3(56t^3(1-t)^5) \\
&\quad + z_4(70t^4(1-t)^4) + z_5(56t^5(1-t)^3) + z_6(28t^6(1-t)^2) \\
&\quad + z_7(8t^7(1-t)^1) + z_8t^8) \rangle
\end{aligned}$$

2.5 Transformasi

Transformasi yang akan digunakan pada penelitian kali ini yaitu transformasi dilatasi dan transformasi translasi.

2.5.1 Dilatasi

Menurut Kusno (2009) transformasi dilatasi yang memetakan titik $P(x, y, z)$ ke $P'(x', y', z')$ yang didefinisikan dengan bentuk formulasi berikut

$$\begin{aligned}
(x' \quad y' \quad z') &= (x \quad y \quad z) \begin{pmatrix} k_1 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 \end{pmatrix} \\
&= (k_1x \quad k_2y \quad k_3z)
\end{aligned} \tag{2.13}$$

atau

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_1 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_1x \\ k_2y \\ k_3z \end{pmatrix} \tag{2.14}$$

Pemilihan harga k_1 menyajikan skala kearah sumbu X , k_2 kearah skala sumbu Y dan k_3 menjadikan skala kearah sumbu Z . Apabila $k_1 = k_2 = k_3$, maka peta objek yang didapat sebangun dengan obyek aslinya (diperbesar, diperkecil, atau tetap).

2.5.2 Translasi

Menurut Kusno (2009) misalkan transformasi $T: R^3 \rightarrow R^3$ merupakan pemetaan titik $P(x, y, z)$ ke titik bayangannya $P'(x', y', z')$ sehingga $T(P) = P'$ atau $P' = T(P)$. Transformasi titik $P(x, y, z)$ ke titik $P'(x', y', z')$ oleh suatu

geseran sejauh k_1 satuan kearah sumbu X , sejauh k_2 satuan kearah sumbu Y dan k_3 satuan kearah sumbu Z , dalam bentuk penjumlahan matriks dinyatakan berikut.

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x + k_1 \\ y + k_2 \\ z + k_3 \end{pmatrix} \quad (2.15)$$

2.6 Penyajian Lingkaran di R^3

Menurut Kusno (2009), lingkaran adalah himpunan titik-titik di bidang yang jaraknya terhadap titik tertentu tetap. Titik tetap ini selanjutnya disebut pusat lingkaran dan jarak yang bernilai tertentu disebut jari-jari lingkaran. Misalkan diberikan sembarang titik $A(x, y, z)$ pada lingkaran yang berpusat di $O(0,0,0)$ dengan jari-jari r , sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

a. Pada bidang XOY

$$x^2 + y^2 = r^2, z = 0 \quad (2.16)$$

b. Pada bidang XOZ

$$x^2 + z^2 = r^2, y = 0 \quad (2.17)$$

c. Pada bidang YOZ

$$y^2 + z^2 = r^2, x = 0 \quad (2.18)$$

Sedangkan untuk lingkaran yang berpusat di titik $B(a, b, c)$ mempunyai jari-jari r dan sejajar bidang kartesiusnya, didapatkan persamaan:

a. Sejajar bidang XOY

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2, z = c \quad (2.19)$$

b. Sejajar bidang XOZ

$$(x - a)^2 + (z - c)^2 = r^2, y = b \quad (2.20)$$

c. Sejajar bidang YOZ

$$(y - b)^2 + (z - c)^2 = r^2, x = a \quad (2.21)$$

Persamaan parametrik lingkaran pada R^3 adalah sebagai berikut:

a. Lingkaran dengan pusat $P(x, y, z)$ dengan jari-jari r dan sejajar pada bidang XOY (Gambar 2.6(a))

$$L(\theta) = \langle x + r \cos \theta, y + r \sin \theta, z \rangle \quad (2.22)$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan r bilangan real

- b. Lingkaran dengan pusat $P(x, y, z)$ dengan jari-jari r dan sejajar pada bidang XOZ (Gambar 2.6(b))

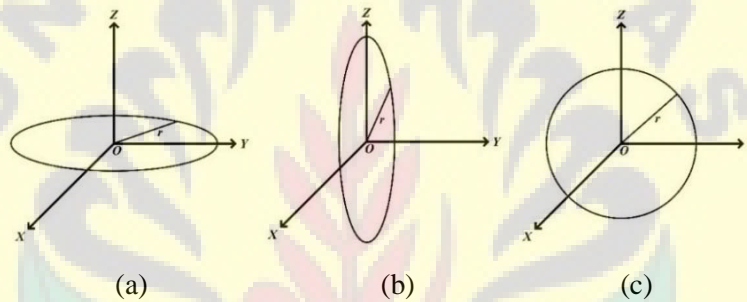
$$L(\theta) = \langle x + r \cos \theta, y, z + r \sin \theta \rangle \tag{2.23}$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan r bilangan real

- c. Lingkaran dengan pusat $P(x, y, z)$ dengan jari-jari r dan sejajar pada bidang YOZ (Gambar 2.6(c))

$$L(\theta) = \langle x, y + r \cos \theta, z + r \sin \theta \rangle \tag{2.24}$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan r bilangan real

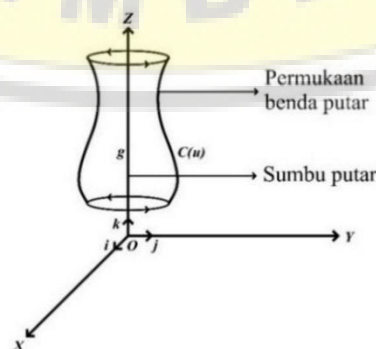


(a) Lingkaran pada bidang XOY ; (b) Lingkaran pada bidang XOZ ;
(c) Lingkaran pada bidang YOZ

Gambar 2.6 Penyajian lingkaran di ruang (Sumber: Kusno, 2009)

2.7 Permukaan Putar

Menurut Kusno (2009), surfas (permukaan) putar adalah suatu surfas yang dibangkitkan oleh suatu kurva ruang C (sebagai generatrik) diputar mengitari sebuah sumbu putar g yang disebut sebagai sumbu putar (Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Permukaan putar (Sumber: Kusno, 2009)

Misalkan $C_x(t)$, $C_y(t)$, dan $C_z(t)$ menyatakan komponen-komponen skalar dari kurva generatrix $\mathbf{C}(t)$, maka permukaan putar yang dibangkitkan oleh kurva $\mathbf{C}(t)$ dapat diformulasikan sebagai berikut.

- a. Apabila kurva generatrix $\mathbf{C}(t)$ terletak pada bidang YOZ dan diputar pada sumbu putar OZ , maka untuk mencari persamaan parametrik permukaan putar dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Gambar 2.8(a)).

- 1) Tentukan persamaan parametrik kurva $\mathbf{C}(t)$, yaitu:

$$\mathbf{C}(t) = \langle C_x(t), C_y(t), C_z(t) \rangle \quad (2.25)$$

dengan $0 \leq t \leq 1$.

- 2) Putar kurva $\mathbf{C}(t)$ terhadap sumbu putar OZ , maka terbentuk sebuah permukaan putar dengan persamaan parametrik:

$$\mathbf{S}(t, \theta) = \langle C_x(t) \cos \theta, C_y(t) \sin \theta, C_z(t) \rangle \quad (2.26)$$

dengan $0 \leq t \leq 1$ dan $0 \leq \theta \leq 2\pi$.

- b. Apabila kurva generatrix $\mathbf{C}(t)$ terletak pada bidang XOY dan diputar pada sumbu putar OY , maka untuk mencari persamaan parametrik permukaan putar dilakukan dengan mengulangi langkah a dan didapatkan persamaan (Gambar 2.8(b)).

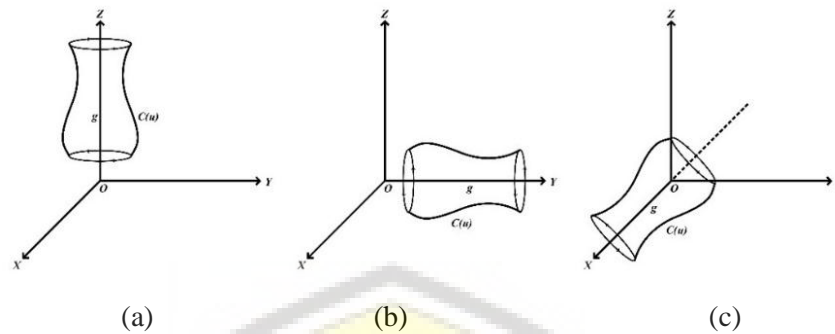
$$\mathbf{S}(t, \theta) = \langle C_x(t) \cos \theta, C_y(t), C_z(t) \sin \theta \rangle \quad (2.27)$$

dengan $0 \leq t \leq 1$ dan $0 \leq \theta \leq 2\pi$.

- c. Apabila kurva generatrix $\mathbf{C}(t)$ terletak pada bidang XOZ dan diputar pada sumbu putar OX , maka untuk mencari persamaan parametrik permukaan putar dilakukan dengan mengulangi langkah a dan didapatkan persamaan (Gambar 2.8(c)).

$$\mathbf{S}(t, \theta) = \langle C_x(t), C_y(t) \cos \theta, C_z(t) \sin \theta \rangle \quad (2.28)$$

dengan $0 \leq t \leq 1$ dan $0 \leq \theta \leq 2\pi$.



(a) Sumbu putar OZ ; (b) Sumbu putar OY ; (c) Sumbu putar OX

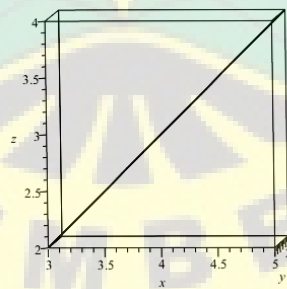
Gambar 2.8 Permukaan putar kurva $C(t)$ (Sumber: Kusno, 2009)

2.8 Penyajian di Maple 18

2.8.1 Penyajian Segmen garis di ruang

Penyajian segmen garis di ruang dapat kita konstruksikan dengan *software* Maple 18 dengan Persamaan (2.1) dengan memberikan nilai pada (x_1, y_1, z_1) dan (x_2, y_2, z_2) sebagai nilai ujung segmen garis ruang. Misal dibuat segmen garis g (Gambar 2.9) dengan titik-titik di ujungnya $A(3,1,2)$ dan $B(5,2,4)$, berikut *script* dan hasil visualisasi di *software* Maple 18.

```
g := plot3d([3 + u*(5 - 3), 1 + u*(2 - 1), 2 + u*(4 - 2)], u = 0..1, v = 0..1) :
display(g, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
```



Gambar 2.9 Penyajian segmen garis di R^3 pada Maple 18

2.8.2 Penyajian Kurva Bezier

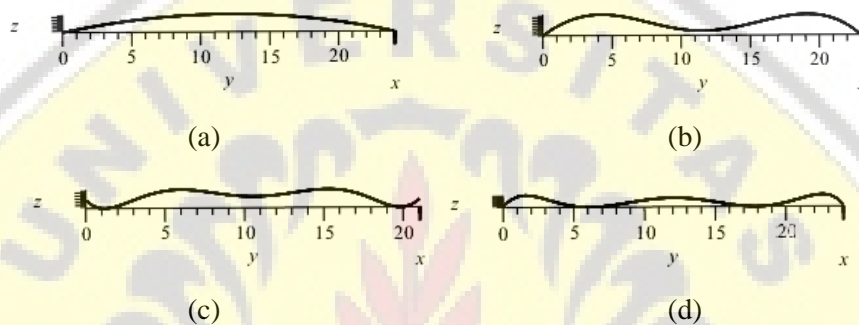
Penyajian kurva Bezier dapat dikonstruksikan pada *software* Maple 18, dengan cara menentukan titik kontrol dan titik tetap. Berikut contoh penyajian kurva Bezier berderajat dua, empat, enam, dan delapan (Gambar 2.10). *Script software* Maple 18 pada kurva Bezier berderajat dua (Gambar 2.10 (a)):

```

> mx := 1.5*(1 - t)^2 + 4*(2*t*(1 - t)) + 1.5*t^2 :
> my := 0*(1 - t)^2 + 12*(2*t*(1 - t)) + 24*t^2 :
> mz := 1.5*(1 - t)^2 + 4*(2*t*(1 - t)) + 1.5*t^2 :
> c11 := plot3d([mx, my, mz], t = 0..1, u = 0..1) :
> display(c11, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);

```

(Script Maple 18 kurva Bezier berderajat empat, enam, dan delapan dapat dilihat pada Lampiran B.1-B.3)



(a) Kurva Bezier berderajat dua; (b) Kurva Bezier berderajat empat;
(c) Kurva Bezier berderajat enam; (d) Kurva Bezier berderajat delapan

Gambar 2.10 Penyajian kurva Bezier pada Maple 18

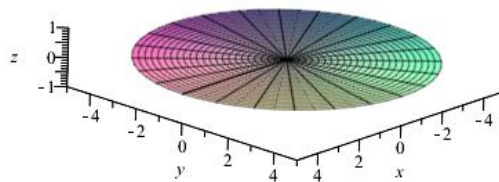
2.8.3 Penyajian Lingkaran pada Ruang

Penyajian lingkaran pada ruang dapat dikonstruksikan pada *software* Maple 18, dengan menggunakan Persamaan (2.22) dengan nilai (x, y, z) sebagai titik pusat lingkaran dan nilai R sebagai jari-jari lingkaran. Misal dikonstruksikan lingkaran (Gambar 2.11) dengan menggunakan titik pusat $Q(0,0,0)$ dengan jari-jari 5, berikut merupakan *script* Maple 18.

```

lingkaran := plot3d([0 + r*cos(u), 0 + r*sin(u), 0], r = 0..5, u = 0..2*Pi) :
display(lingkaran, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);

```



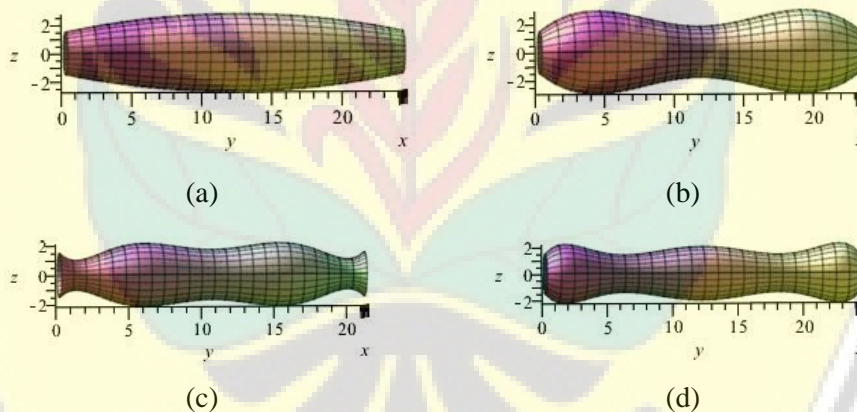
Gambar 2.11 Penyajian lingkaran pada Maple 18

2.8.4 Penyajian Permukaan Putar Bezier

Penyajian permukaan putar Bezier dapat dikonstruksikan pada *software* Maple 18, dengan cara menentukan titik kontrol, titik tetap, dan sumbu putar. Berikut contoh penyajian permukaan putar Bezier berderajat dua, empat, enam, dan delapan (Gambar 2.12). *Script software* Maple 18 permukaan putar pada kurva Bezier berderajat dua (Gambar 2.12(a)):

```
> mx := 1.5·(1 - t)2 + 4·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> my := 0·(1 - t)2 + 12·(2·t·(1 - t)) + 24·t2 :
> mz := 1.5·(1 - t)2 + 4·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> c1 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(c1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
```

(*Script* Maple 18 permukaan putar Bezier berderajat empat, enam, dan delapan dapat dilihat pada Lampiran B.4-B.6)



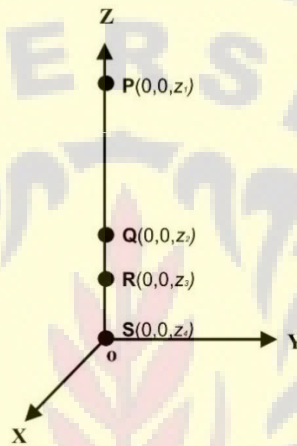
(a) Permukaan putar Bezier berderajat dua; (b) Permukaan putar Bezier berderajat empat;
(c) Permukaan putar Bezier berderajat enam; (d) Permukaan putar Bezier berderajat delapan

Gambar 2.12 Penyajian permukaan putar Bezier pada Maple 18

BAB 3. METODE PENELITIAN

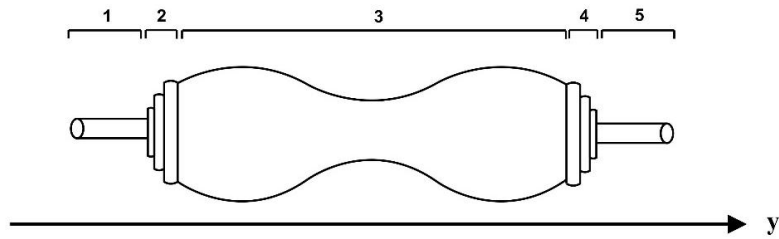
Metode penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan rumusan masalah pada Bab 1, diuraikan sebagai berikut.

- a. Menentukan segmen garis (Gambar 3.1) dan data ukuran badan *handle*, kaki *handle*, dan alas kaki *handle* dengan ketetapan sebagai berikut.



Gambar 3.1 Segmen garis *handle* pintu

1. Badan *handle* mempunyai panjang p dan diameter d pada segmen garis sejajar sumbu y dengan $26 \leq p \leq 44$ satuan panjang dan diameter $3 \leq d \leq 5$ satuan panjang. Gambar 3.2 merupakan gambar bagian-bagian badan *handle* pintu. Badan *handle* pintu dibagi menjadi lima bagian yaitu:
 - a. Bagian pertama dan kelima berbentuk tabung dengan $1 \leq p \leq 2$ satuan panjang dan $0,5 \leq d \leq 1$ satuan panjang.
 - b. Bagian kedua dan keempat berbentuk tabung yang dideformasi dilatasi dan translasi dengan $3 \leq p \leq 6$ satuan panjang dan $1 \leq d \leq 5$ satuan panjang.
 - c. Bagian ketiga dengan $18 \leq p \leq 28$ satuan panjang dan $3 \leq d \leq 5$ satuan panjang.

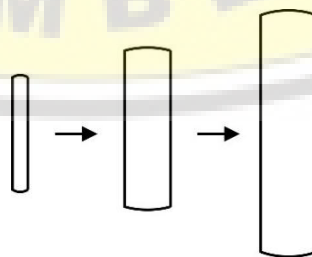
Gambar 3.2 Bagian-bagian badan *handle* pintu

2. Kaki *handle* mempunyai tinggi t dan diameter d dengan $2 \leq t \leq 5$ satuan panjang dan $1 \leq d \leq 2$ satuan panjang.
 3. Alas kaki *handle* mempunyai tinggi t dan diameter d dengan $3 \leq t \leq 6$ satuan panjang dan $3 \leq d \leq 5$ satuan panjang.
- b. Modelisasi komponen-komponen *handle* pintu.
1. Modelisasi badan *handle* terbagi menjadi lima bagian yaitu:
 - a. Bagian pertama dan kelima menggunakan tabung (Gambar 3.3).



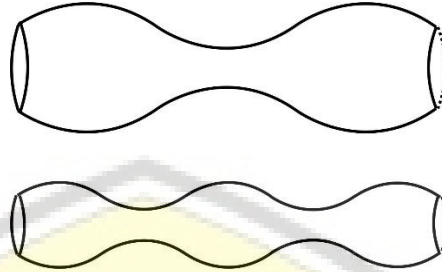
Gambar 3.3 Tabung

- b. Bagian kedua dan keempat menggunakan tabung yang dideformasi dengan metode dilatasi dan translasi (Gambar 3.4).



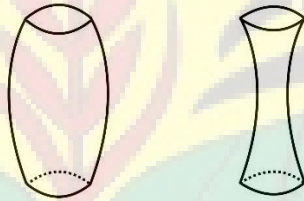
Gambar 3.4 Tabung yang dideformasi dengan metode dilatasi dan translasi

- c. Bagian ketiga menggunakan kurva Bezier (Gambar 3.5).



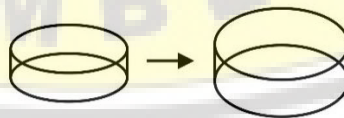
Gambar 3.5 Gambar badan *handle* dengan metode kurva Bezier

2. Modelisasi kaki *handle* menggunakan benda dasar geometri tabung dengan memberi kelengkungan dengan metode kurva Bezier berderajat dua ($n = 2$) pada sisi tegak tabung (Gambar 3.6).



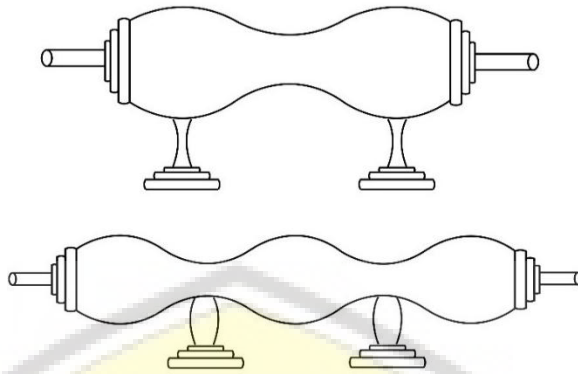
Gambar 3.6 Gambar deformasi tabung dengan metode kurva Bezier

3. Modelisasi alas kaki *handle* menggunakan benda dasar geometri tabung dengan metode deformasi dilatasi dan translasi (Gambar 3.7).



Gambar 3.7 Gambar deformasi tabung dengan metode dilatasi dan translasi

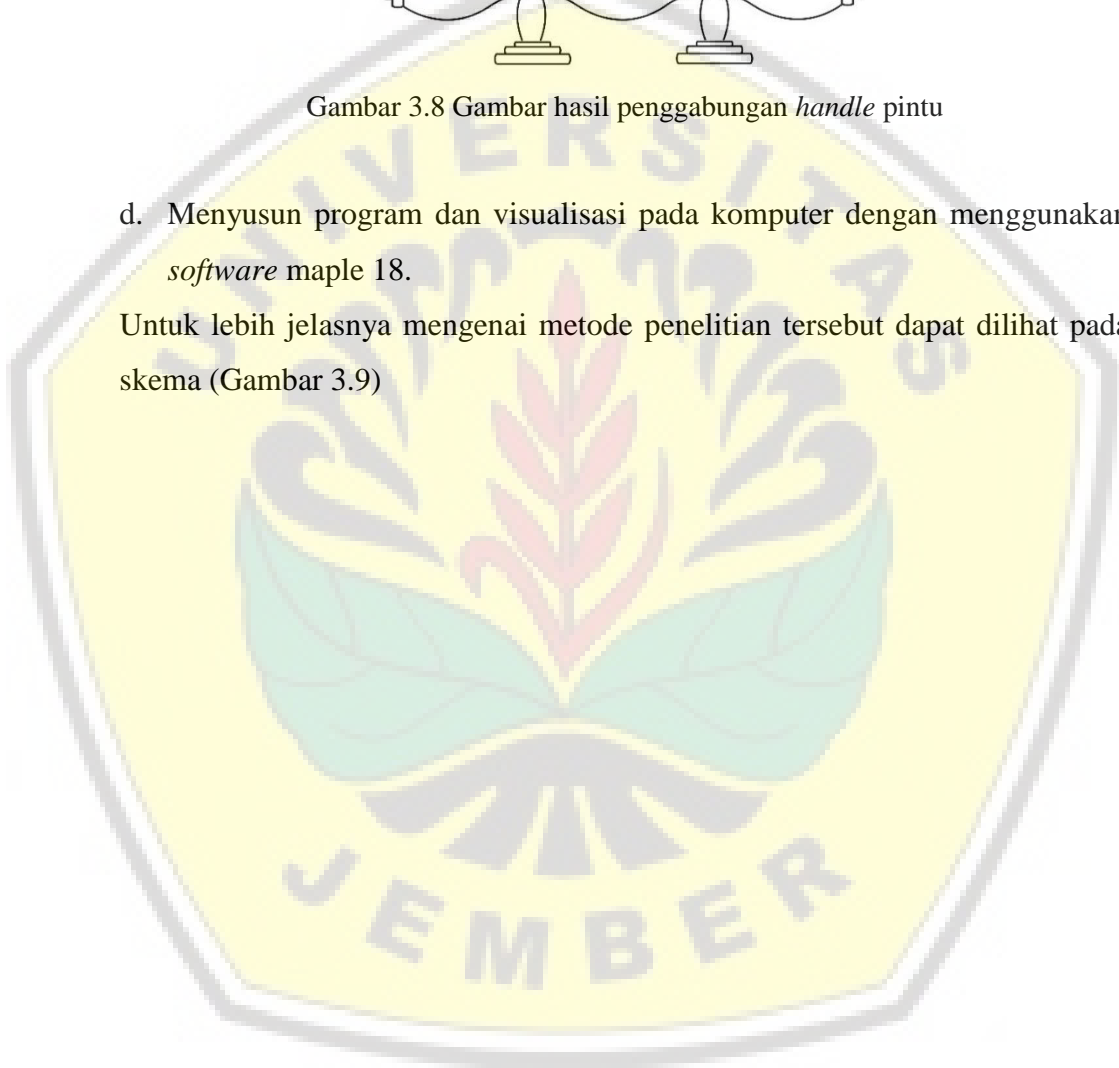
- c. Penggabungan komponen-komponen *handle* pintu.
1. Menentukan sumbu untuk merangkai komponen *handle* pintu.
 2. Menggabungkan bagian badan *handle*, kaki *handle*, dan alas kaki *handle* pada sumbu pemodelan yang telah ditentukan (Gambar 3.8).

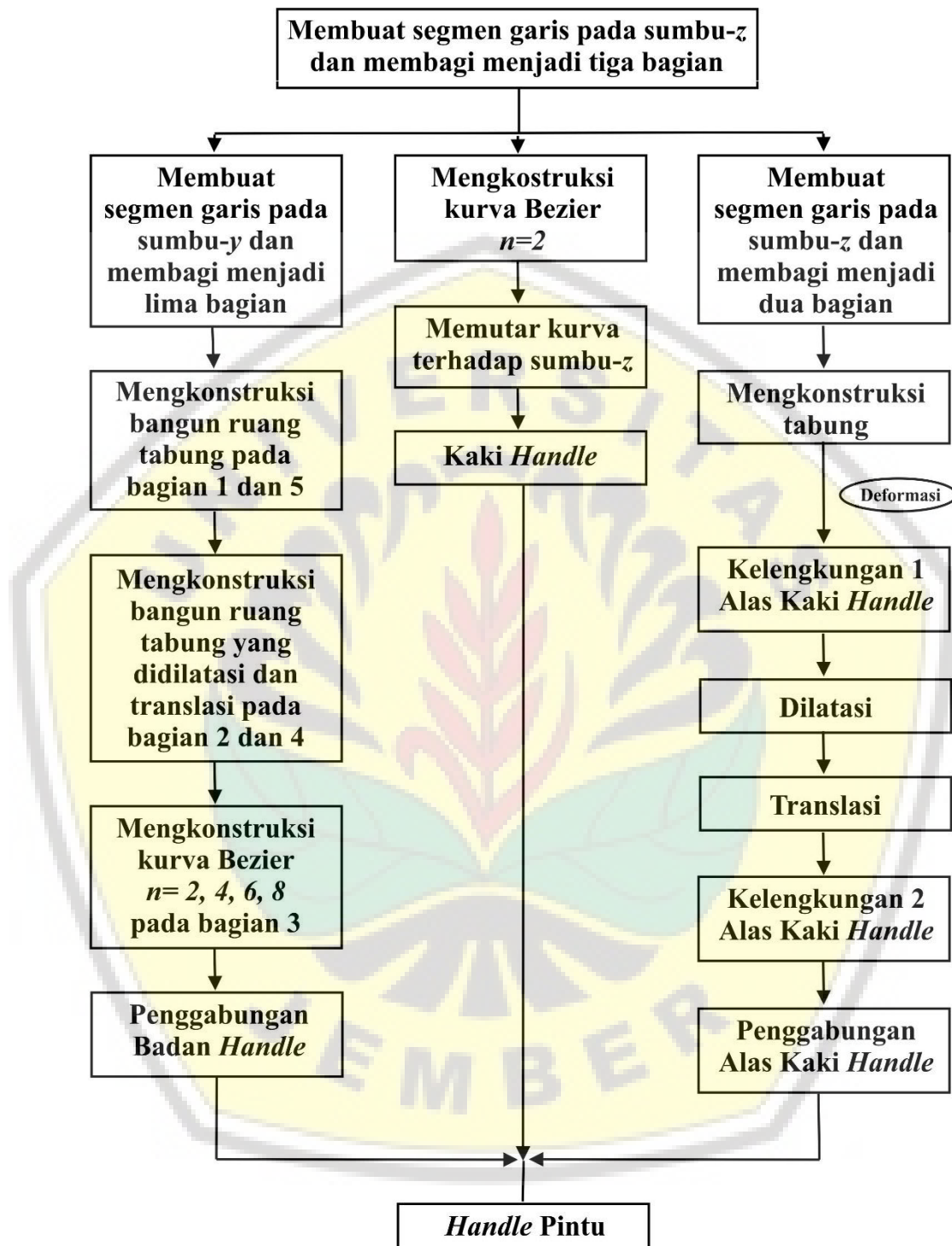


Gambar 3.8 Gambar hasil penggabungan *handle* pintu

- d. Menyusun program dan visualisasi pada komputer dengan menggunakan *software* maple 18.

Untuk lebih jelasnya mengenai metode penelitian tersebut dapat dilihat pada skema (Gambar 3.9)



Gambar 3.9 Skema metode penelitian *handle* pintu

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada Bab 4 memodelisasikan *handle* pintu, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Badan dan alas kaki *handle* pintu menggunakan teknik deformasi dilatasi dan kurva Bezier berderajat dua, empat, enam, dan delapan ($n = 2,4,6,8$). Kaki *handle* pintu menggunakan kurva Bezier berderajat dua. Model *handle* pintu yang dihasilkan berjumlah 14.
- b. Model-model *handle* pintu dapat divisualisasikan dengan *software* Maple 18.

5.2 Saran

Penelitian ini telah menghasilkan prosedur untuk memodelisasi *handle* pintu dengan menggunakan penggabungan kurva Bezier dan hasil deformasi tabung. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan menggunakan kurva Bezier berderajat lainnya, dengan penggabungan benda-benda ruang selain tabung. Penelitian selanjutnya dapat juga menggunakan teknik deformasi jenis-jenis lainnya.

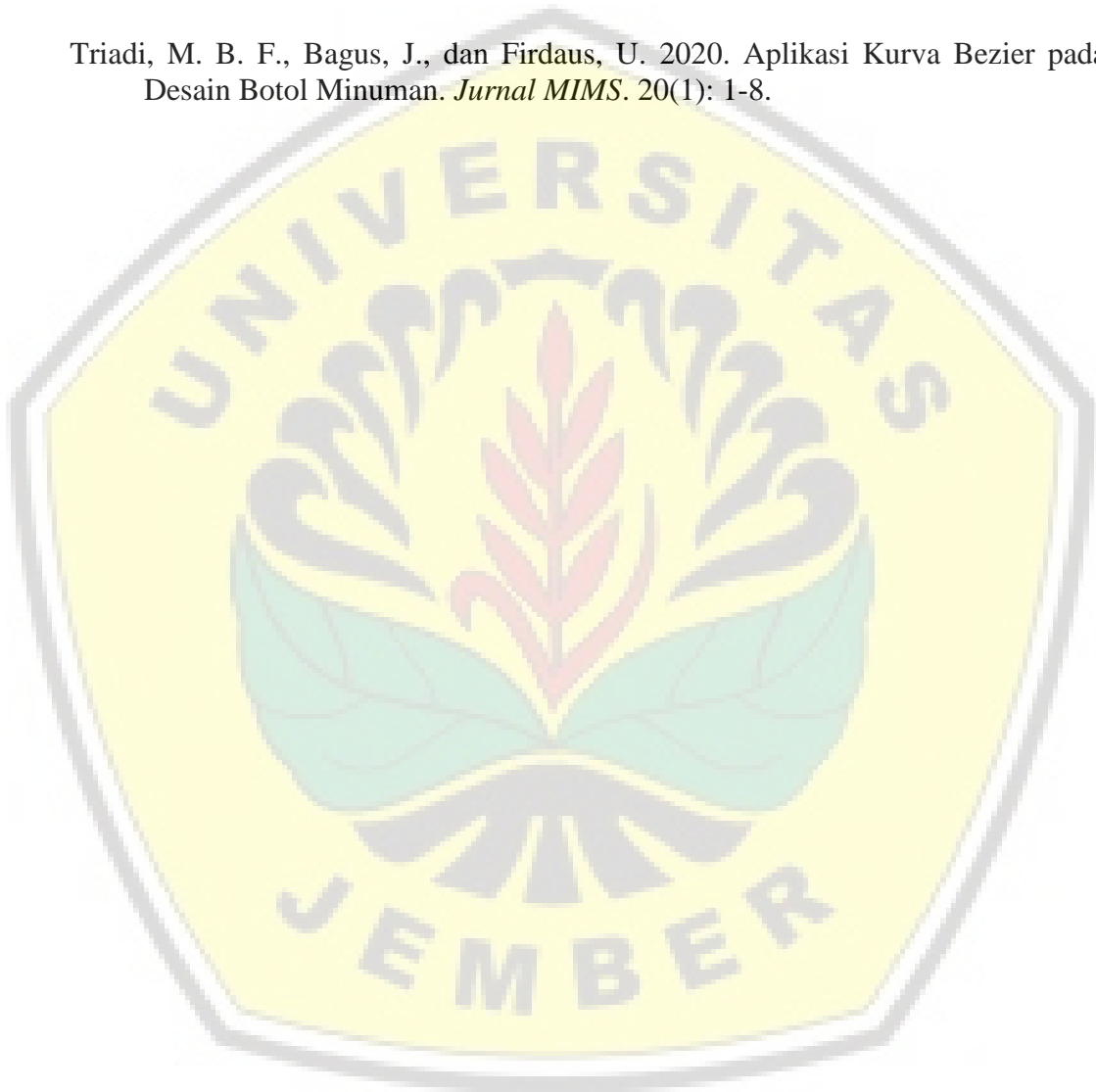
DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N. 2012. *Geometri II*. Intimedia (kelompok Penerbit Intrans). Malang.
- Astuti, P., dan Kusno. 2012. Desain Komponen Rak Penataan Barang dengan Kurva dan Permukaan Parametrik. *Jurnal ILMU DASAR*. 13(1): 31-40.
- Bastian, A. 2011. Desain Kap Lampu Duduk melalui Penggabungan Benda-benda Geometri Ruang. Tidak Diterbitkan. *Skripsi*. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.
- Budiono, M. 2011. Pemodelan Handle Pintu Simetris melalui Penggabungan Beberapa Benda Geometri Ruang. Tidak Diterbitkan. *Skripsi*. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.
- Haryono, A. 2014. Studi Pembentukan Huruf *Font* dengan Kurva Bezier. *Jurnal TEKNIKA*. 69-78.
- Kuang, S. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal Design*. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan.
- 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 University Press. Jember.
- Kusno. 2019. Construction of Regular Developable Bezier Patches. *Journal Mathematical and Computational Applications*. 4(24): 1-13.
- Kusno, I. H. Agustin, dan I. Halikin. 2019. On The Modeling of The Object Surface Reliefs of Marble Handicrafts Using Quartic Curves and Circles. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ.Sci*. 243012017.

Suciati, N., C. Fatichah, dan F. Royani. 2004. Rancang Bangun Editor Kurva *Polyline* dengan Metode *Curve Analogies*. *JUTI*. 3(1):47-45.

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

Triadi, M. B. F., Bagus, J., dan Firdaus, U. 2020. Aplikasi Kurva Bezier pada Desain Botol Minuman. *Jurnal MIMS*. 20(1): 1-8.



LAMPIRAN

C. Nilai-Nilai untuk B_i^n dengan $0 \leq i \leq n$

A.1 Kurva Bezier $n = 6$

$$B_0^6(t) = C_0^6(1-t)^{6-0} \cdot t^0$$

$$= \frac{6!}{0!(6-0)!} (1-t)^6$$

$$= (1-t)^6$$

$$B_1^6(t) = C_1^6(1-t)^{6-1} \cdot t^1$$

$$= \frac{6!}{1!(6-1)!} (1-t)^5 \cdot t$$

$$= 6t(1-t)^5$$

$$B_2^6(t) = C_2^6(1-t)^{6-2} \cdot t^2$$

$$= \frac{6!}{2!(6-2)!} (1-t)^4 \cdot t^2$$

$$= 15t^2(1-t)^4$$

$$B_3^6(t) = C_3^6(1-t)^{6-3} \cdot t^3$$

$$= \frac{6!}{3!(6-3)!} (1-t)^3 \cdot t^3$$

$$= 20t^3(1-t)^3$$

$$B_4^6(t) = C_4^6(1-t)^{6-4} \cdot t^4$$

$$= \frac{6!}{4!(6-4)!} (1-t)^2 \cdot t^4$$

$$= 15t^4(1-t)^2$$

$$B_5^6(t) = C_5^6(1-t)^{6-5} \cdot t^5$$

$$= \frac{6!}{5!(6-5)!} (1-t) \cdot t^5$$

$$= 6t^5(1-t)$$

$$B_6^6(t) = C_6^6(1-t)^{6-6} \cdot t^6$$

$$= \frac{6!}{6!(6-6)!} t^6$$

$$= t^6$$

A.2 Kurva Bezier $n = 8$

$$\begin{aligned} B_0^8(t) &= C_0^8(1-t)^{8-0} \cdot t^0 \\ &= \frac{8!}{0!(8-0)!} (1-t)^8 \\ &= (1-t)^8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1^8(t) &= C_1^8(1-t)^{8-1} \cdot t^1 \\ &= \frac{8!}{1!(8-1)!} (1-t)^7 \cdot t \\ &= 8t(1-t)^7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_2^8(t) &= C_2^8(1-t)^{8-2} \cdot t^2 \\ &= \frac{8!}{2!(8-2)!} (1-t)^6 \cdot t^2 \\ &= 28t^2(1-t)^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_3^8(t) &= C_3^8(1-t)^{8-3} \cdot t^3 \\ &= \frac{8!}{3!(8-3)!} (1-t)^5 \cdot t^3 \\ &= 56t^3(1-t)^5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_4^8(t) &= C_4^8(1-t)^{8-4} \cdot t^4 \\ &= \frac{8!}{4!(8-4)!} (1-t)^4 \cdot t^4 \\ &= 70t^4(1-t)^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_5^8(t) &= C_5^8(1-t)^{8-5} \cdot t^5 \\ &= \frac{8!}{5!(8-5)!} (1-t)^3 \cdot t^5 \\ &= 56t^5(1-t)^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_6^8(t) &= C_6^8(1-t)^{8-6} \cdot t^6 \\ &= \frac{8!}{6!(8-6)!} (1-t)^2 \cdot t^6 \\ &= 28t^6(1-t)^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_7^8(t) &= C_7^8(1-t)^{8-7} \cdot t^7 \\ &= \frac{8!}{7!(8-7)!} (1-t)^1 \cdot t^7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 8t^7(1-t)^1 \\
 B_8^8(t) &= C_8^8(1-t)^{8-8} \cdot t^8 \\
 &= \frac{8!}{8!(8-8)!} (1-t)^0 \cdot t^8 \\
 &= t^8
 \end{aligned}$$

B. Script Maple 18

- > *with(plots)* :
- > *with(plottools)* :

B.1 Kurva Bezier berderajat empat

- > *mx := (1.5*(1-t)^4 + 7*(4*t*(1-t)^3) + -5*(6*t^2*(1-t)^2) + 7*(4*t^3*(1-t)) + 1.5*t^4) :*
- > *my := (0*(1-t)^4 + 7*(4*t*(1-t)^3) + 11.5*(6*t^2*(1-t)^2) + 16*(4*t^3*(1-t)) + 23*t^4) :*
- > *mz := (1.5*(1-t)^4 + 7*(4*t*(1-t)^3) + -5*(6*t^2*(1-t)^2) + 7*(4*t^3*(1-t)) + 1.5*t^4) :*
- > *c21 := plot3d([mx, my, mz], t = 0..1, u = 0..1) :*
- > *display(c21, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained) ;*

B.2 Kurva Bezier berderajat enam

- > *mx := (1.5*(1-t)^6 + -2*(6*t*(1-t)^5) + 13*(15*t^2*(1-t)^4) + -13*(20*t^3*(1-t)^3) + 13*(15*t^4*(1-t)^2) + -2*(6*t^5*(1-t)) + 1.5*t^6) :*
- > *my := (0*(1-t)^6 + 3.5*(6*t*(1-t)^5) + 7*(15*t^2*(1-t)^4) + 10.5*(20*t^3*(1-t)^3) + 14*(15*t^4*(1-t)^2) + 17.5*(6*t^5*(1-t)) + 21*t^6) :*
- > *mz := (1.5*(1-t)^6 + -2*(6*t*(1-t)^5) + 13*(15*t^2*(1-t)^4) + -13*(20*t^3*(1-t)^3) + 13*(15*t^4*(1-t)^2) + -2*(6*t^5*(1-t)) + 1.5*t^6) :*
- > *c41 := plot3d([mx, my, mz], t = 0..1, u = 0..1) :*
- > *display(c41, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained) ;*

B.3 Kurva Bezier berderajat delapan

- > *mx := (1.5*(1-t)^8 + 5*(8*t*(1-t)^7) + -4*(28*t^2*(1-t)^6) + 4*(56*t^3*(1-t)^5) + 3*(70*t^4*(1-t)^4) + 4*(56*t^5*(1-t)^3) + -4*(28*t^6*(1-t)^2) + 5*(8*t^7*(1-t)) + 1.5*t^8) :*
- > *my := (0*(1-t)^8 + 3*(8*t*(1-t)^7) + 6*(28*t^2*(1-t)^6) + 9*(56*t^3*(1-t)^5) + 12*(70*t^4*(1-t)^4) + 15*(56*t^5*(1-t)^3) + 18*(28*t^6*(1-t)^2) + 21*(8*t^7*(1-t)) + 24*t^8) :*

$$\begin{aligned} > \text{mz} := & (1.5 \cdot (1-t)^8 + 5 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + -4 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + 4 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 3 \\ & \cdot (70 \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + 4 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + -4 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + 5 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) \\ & + 1.5 \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$> \text{c71} := \text{plot3d}([\text{mx}, \text{my}, \text{mz}], t = 0..1, u = 0..1) :$$

$$> \text{display}(\text{c71}, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

B.4 Permukaan putar Bezier berderajat empat

$$\begin{aligned} > \text{mx} := & (1.5 \cdot (1-t)^4 + 7 \cdot (4 \cdot t \cdot (1-t)^3) + -5 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1-t)^2) + 7 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1-t)) + 1.5 \\ & \cdot t^4) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > \text{my} := & (0 \cdot (1-t)^4 + 7 \cdot (4 \cdot t \cdot (1-t)^3) + 11.5 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1-t)^2) + 16 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1-t)) + 23 \\ & \cdot t^4) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > \text{mz} := & (1.5 \cdot (1-t)^4 + 7 \cdot (4 \cdot t \cdot (1-t)^3) + -5 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1-t)^2) + 7 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1-t)) + 1.5 \\ & \cdot t^4) : \end{aligned}$$

$$> \text{c2} := \text{plot3d}([\text{mx} \cdot \cos(u), \text{my}, \text{mz} \cdot \sin(u)], t = 0..1, u = 0..2 \cdot \text{Pi}) :$$

$$> \text{display}(\text{c2}, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

B.5 Permukaan putar Bezier berderajat enam

$$\begin{aligned} > \text{mx} := & (1.5 \cdot (1-t)^6 + -2 \cdot (6 \cdot t \cdot (1-t)^5) + 13 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + -13 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) \\ & + 13 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + -2 \cdot (6 \cdot t^5 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^6) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > \text{my} := & (0 \cdot (1-t)^6 + 3.5 \cdot (6 \cdot t \cdot (1-t)^5) + 7 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + 10.5 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + 14 \\ & \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + 17.5 \cdot (6 \cdot t^5 \cdot (1-t)) + 21 \cdot t^6) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > \text{mz} := & (1.5 \cdot (1-t)^6 + -2 \cdot (6 \cdot t \cdot (1-t)^5) + 13 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + -13 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) \\ & + 13 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + -2 \cdot (6 \cdot t^5 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^6) : \end{aligned}$$

$$> \text{c4} := \text{plot3d}([\text{mx} \cdot \cos(u), \text{my}, \text{mz} \cdot \sin(u)], t = 0..1, u = 0..2 \cdot \text{Pi}) :$$

$$> \text{display}(\text{c4}, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

B.6 Permukaan putar Bezier berderajat delapan

$$\begin{aligned} > \text{mx} := & (1.5 \cdot (1-t)^8 + 5 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + -4 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + 4 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 3 \\ & \cdot (70 \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + 4 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + -4 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + 5 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) \\ & + 1.5 \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > \text{my} := & (0 \cdot (1-t)^8 + 3 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + 6 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + 9 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 12 \cdot (70 \\ & \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + 15 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + 18 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + 21 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) + 24 \\ & \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > \text{mz} := & (1.5 \cdot (1-t)^8 + 5 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + -4 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + 4 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 3 \\ & \cdot (70 \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + 4 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + -4 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + 5 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) \\ & + 1.5 \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$> \text{c7} := \text{plot3d}([\text{mx} \cdot \cos(u), \text{my}, \text{mz} \cdot \sin(u)], t = 0..1, u = 0..2 \cdot \text{Pi}) :$$

$$> \text{display}(\text{c7}, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

B.7 Penyajian tabung bagian satu dan bagian lima

- > $a1 := \text{plot3d}([0 + 0.5 \cdot \cos(u), t, 0 + 0.5 \cdot \sin(u)], t = 0 .. 2, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(a1, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$

B.8 Penyajian tabung bagian dua dan bagian empat

- > $a11 := \text{plot3d}([0 + 0.5 \cdot \cos(u), t, 0 + 0.5 \cdot \sin(u)], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(a11, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$

B.9 Kurva batas kelengkungan pertama badan *handle*

- > $mx := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $my := 0 \cdot (1 - t)^2 + 0.5 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1 \cdot t^2 :$
- > $mz := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $b111 := \text{plot3d}([mx, my, mz], t = 0 .. 1, u = 0 .. 1) :$
- > $\text{display}(b111, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$

B.10 Permukaan putar kelengkungan pertama badan *handle*

- > $mx := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $my := 0 \cdot (1 - t)^2 + 0.5 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1 \cdot t^2 :$
- > $mz := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $b11 := \text{plot3d}([mx \cdot \cos(u), my, mz \cdot \sin(u)], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(b11, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$

B.11 Kurva batas kelengkungan kedua badan *handle*

- > $mx := 1 \cdot (1 - t)^2 + 2 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1 \cdot t^2 :$
- > $my := 1 \cdot (1 - t)^2 + 2 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 3 \cdot t^2 :$
- > $mz := 1 \cdot (1 - t)^2 + 2 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1 \cdot t^2 :$
- > $b121 := \text{plot3d}([mx, my, mz], t = 0 .. 1, u = 0 .. 1) :$
- > $\text{display}(b121, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$

B.12 Permukaan putar kelengkungan kedua badan *handle*

- > $mx := 1 \cdot (1 - t)^2 + 2 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1 \cdot t^2 :$
- > $my := 1 \cdot (1 - t)^2 + 2 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 3 \cdot t^2 :$
- > $mz := 1 \cdot (1 - t)^2 + 2 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1 \cdot t^2 :$
- > $b12 := \text{plot3d}([mx \cdot \cos(u), my, mz \cdot \sin(u)], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(b12, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$

B.13 Kurva batas kelengkungan ketiga badan *handle*

- > $mx := 1.5 \cdot (1 - t)^2 + 3 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1.5 \cdot t^2 :$
- > $my := 3 \cdot (1 - t)^2 + 4.5 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 6 \cdot t^2 :$

- > $mz := 1.5 \cdot (1 - t)^2 + 3 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1.5 \cdot t^2 :$
- > $b131 := \text{plot3d}([mx, my, mz], t = 0..1, u = 0..1) :$
- > $\text{display}(b131, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$

B.14 Permukaan putar kelengkungan ketiga badan *handle*

- > $mx := 1.5 \cdot (1 - t)^2 + 3 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1.5 \cdot t^2 :$
- > $my := 3 \cdot (1 - t)^2 + 4.5 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 6 \cdot t^2 :$
- > $mz := 1.5 \cdot (1 - t)^2 + 3 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1.5 \cdot t^2 :$
- > $b13 := \text{plot3d}([mx \cdot \cos(u), my, mz \cdot \sin(u)], t = 0..1, u = 0..2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(b13, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$

B.15 Kurva batas bagian ketiga model 1 Bezier berderajat dua $t = 24$

- > $mx := 1.5 \cdot (1 - t)^2 + 3 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1.5 \cdot t^2 :$
- > $my := 0 \cdot (1 - t)^2 + 12 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 24 \cdot t^2 :$
- > $mz := 1.5 \cdot (1 - t)^2 + 3 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1.5 \cdot t^2 :$
- > $c11 := \text{plot3d}([mx, my, mz], t = 0..1, u = 0..1) :$
- > $\text{display}(c11, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$

B.16 Kurva batas bagian ketiga Bezier berderajat empat

a. bagian ketiga model 2 $t = 23$

- > $mx := (1.5 \cdot (1 - t)^4 + 7 \cdot (4 \cdot t \cdot (1 - t)^3) + -5 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1 - t)^2) + 7 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1 - t)) + 1.5 \cdot t^4) :$
- > $my := (0 \cdot (1 - t)^4 + 7 \cdot (4 \cdot t \cdot (1 - t)^3) + 11.5 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1 - t)^2) + 16 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1 - t)) + 23 \cdot t^4) :$
- > $mz := (1.5 \cdot (1 - t)^4 + 7 \cdot (4 \cdot t \cdot (1 - t)^3) + -5 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1 - t)^2) + 7 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1 - t)) + 1.5 \cdot t^4) :$
- > $c21 := \text{plot3d}([mx, my, mz], t = 0..1, u = 0..1) :$
- > $\text{display}(c21, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$

b. bagian ketiga model 3 $t = 20$

- > $mx := (1.5 \cdot (1 - t)^4 + -1 \cdot (4 \cdot t \cdot (1 - t)^3) + 7 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1 - t)^2) + -1 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1 - t)) + 1.5 \cdot t^4) :$
- > $my := (0 \cdot (1 - t)^4 + 5 \cdot (4 \cdot t \cdot (1 - t)^3) + 10 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1 - t)^2) + 15 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1 - t)) + 20 \cdot t^4) :$

$$\text{> } mz := (1.5 \cdot (1-t)^4 + -1 \cdot (4 \cdot t \cdot (1-t)^3) + 7 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1-t)^2) + -1 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^4) :$$

$$\text{> } c31 := \text{plot3d}([mx, my, mz], t=0..1, u=0..1) :$$

$$\text{> } \text{display}(c31, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

B.17 Kurva batas bagian ketiga Bezier berderajat enam

a. bagian ketiga model 4 $t = 21$

$$\text{> } mx := (1.5 \cdot (1-t)^6 + -2 \cdot (6 \cdot t \cdot (1-t)^5) + 13 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + -13 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + 13 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + -2 \cdot (6 \cdot t^5 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^6) :$$

$$\text{> } my := (0 \cdot (1-t)^6 + 3.5 \cdot (6 \cdot t \cdot (1-t)^5) + 7 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + 10.5 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + 14 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + 17.5 \cdot (6 \cdot t^5 \cdot (1-t)) + 21 \cdot t^6) :$$

$$\text{> } mz := (1.5 \cdot (1-t)^6 + -2 \cdot (6 \cdot t \cdot (1-t)^5) + 13 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + -13 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + 13 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + -2 \cdot (6 \cdot t^5 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^6) :$$

$$\text{> } c41 := \text{plot3d}([mx, my, mz], t=0..1, u=0..1) :$$

$$\text{> } \text{display}(c41, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

b. bagian ketiga model 5 $t = 21$

$$\text{> } mx := (1.5 \cdot (1-t)^6 + 3 \cdot (6 \cdot t \cdot (1-t)^5) + -5 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + 11 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + -5 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + 3 \cdot (6 \cdot t^5 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^6) :$$

$$\text{> } my := (0 \cdot (1-t)^6 + 3.5 \cdot (6 \cdot t \cdot (1-t)^5) + 7 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + 10.5 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + 14 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + 17.5 \cdot (6 \cdot t^5 \cdot (1-t)) + 21 \cdot t^6) :$$

$$\text{> } mz := (1.5 \cdot (1-t)^6 + 3 \cdot (6 \cdot t \cdot (1-t)^5) + -5 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + 11 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + -5 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + 3 \cdot (6 \cdot t^5 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^6) :$$

$$\text{> } c51 := \text{plot3d}([mx, my, mz], t=0..1, u=0..1) :$$

$$\text{> } \text{display}(c51, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

B.18 Kurva batas bagian ketiga Bezier berderajat delapan

a. bagian ketiga model 6 $t = 24$

$$\text{> } mx := (1.5 \cdot (1-t)^8 + -1 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + 7 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + -1 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 1 \cdot (70 \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + -1 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + 7 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + -1 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^8) :$$

$$\text{> } my := (0 \cdot (1-t)^8 + 3 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + 6 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + 9 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 12 \cdot (70 \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + 15 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + 18 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + 21 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) + 24 \cdot t^8) :$$

$$\begin{aligned} > \text{mz} := (1.5 \cdot (1-t)^8 + -1 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + 7 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + -1 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 1 \\ & \cdot (70 \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + -1 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + 7 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + -1 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) \\ & + 1.5 \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$> \text{c61} := \text{plot3d}([\text{mx}, \text{my}, \text{mz}], t = 0..1, u = 0..1) :$$

$$> \text{display}(\text{c61}, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

b. bagian ketiga model 7 $t = 24$

$$\begin{aligned} > \text{mx} := (1.5 \cdot (1-t)^8 + 5 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + -4 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + 4 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 3 \\ & \cdot (70 \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + 4 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + -4 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + 5 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) \\ & + 1.5 \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > \text{my} := (0 \cdot (1-t)^8 + 3 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + 6 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + 9 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 12 \cdot (70 \\ & \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + 15 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + 18 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + 21 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) + 24 \\ & \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > \text{mz} := (1.5 \cdot (1-t)^8 + 5 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + -4 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + 4 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 3 \\ & \cdot (70 \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + 4 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + -4 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + 5 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) \\ & + 1.5 \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$> \text{c71} := \text{plot3d}([\text{mx}, \text{my}, \text{mz}], t = 0..1, u = 0..1) :$$

$$> \text{display}(\text{c71}, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

B.19 Permukaan putar bagian ketiga model 1 Bezier berderajat dua $t = 24$

$$> \text{mx} := 1.5 \cdot (1-t)^2 + 3 \cdot (2 \cdot t \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^2 :$$

$$> \text{my} := 0 \cdot (1-t)^2 + 12 \cdot (2 \cdot t \cdot (1-t)) + 24 \cdot t^2 :$$

$$> \text{mz} := 1.5 \cdot (1-t)^2 + 3 \cdot (2 \cdot t \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^2 :$$

$$> \text{c1} := \text{plot3d}([\text{mx} \cdot \cos(u), \text{my}, \text{mz} \cdot \sin(u)], t = 0..1, u = 0..2 \cdot \text{Pi}) :$$

$$> \text{display}(\text{c1}, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

B.20 Permukaan putar bagian ketiga Bezier berderajat empat

a. bagian ketiga2 $t = 23$

$$\begin{aligned} > \text{mx} := (1.5 \cdot (1-t)^4 + 7 \cdot (4 \cdot t \cdot (1-t)^3) + -5 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1-t)^2) + 7 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1-t)) + 1.5 \\ & \cdot t^4) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > \text{my} := (0 \cdot (1-t)^4 + 7 \cdot (4 \cdot t \cdot (1-t)^3) + 11.5 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1-t)^2) + 16 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1-t)) + 23 \\ & \cdot t^4) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > \text{mz} := (1.5 \cdot (1-t)^4 + 7 \cdot (4 \cdot t \cdot (1-t)^3) + -5 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1-t)^2) + 7 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1-t)) + 1.5 \\ & \cdot t^4) : \end{aligned}$$

$$> \text{c2} := \text{plot3d}([\text{mx} \cdot \cos(u), \text{my}, \text{mz} \cdot \sin(u)], t = 0..1, u = 0..2 \cdot \text{Pi}) :$$

$$> \text{display}(\text{c2}, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

b. bagian ketiga3 $t = 20$

$$> mx := (1.5 \cdot (1-t)^4 + -1 \cdot (4 \cdot t \cdot (1-t)^3) + 7 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1-t)^2) + -1 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^4) :$$

$$> my := (0 \cdot (1-t)^4 + 5 \cdot (4 \cdot t \cdot (1-t)^3) + 10 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1-t)^2) + 15 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1-t)) + 20 \cdot t^4) :$$

$$> mz := (1.5 \cdot (1-t)^4 + -1 \cdot (4 \cdot t \cdot (1-t)^3) + 7 \cdot (6 \cdot t^2 \cdot (1-t)^2) + -1 \cdot (4 \cdot t^3 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^4) :$$

$$> c3 := plot3d([mx \cdot \cos(u), my, mz \cdot \sin(u)], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$$

$$> display(c3, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);$$

B.21 Permukaan putar bagian ketiga Bezier berderajat enam

a. bagian ketiga4 $t = 21$

$$> mx := (1.5 \cdot (1-t)^6 + -2 \cdot (6t \cdot (1-t)^5) + 13 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + -13 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + 13 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + -2 \cdot (6t^5 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^6) :$$

$$> my := (0 \cdot (1-t)^6 + 3.5 \cdot (6t \cdot (1-t)^5) + 7 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + 10.5 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + 14 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + 17.5 \cdot (6t^5 \cdot (1-t)) + 21 \cdot t^6) :$$

$$> mz := (1.5 \cdot (1-t)^6 + -2 \cdot (6t \cdot (1-t)^5) + 13 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + -13 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + 13 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + -2 \cdot (6t^5 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^6) :$$

$$> c4 := plot3d([mx \cdot \cos(u), my, mz \cdot \sin(u)], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$$

$$> display(c4, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);$$

b. bagian ketiga5 $t = 21$

$$> mx := (1.5 \cdot (1-t)^6 + 3 \cdot (6t \cdot (1-t)^5) + -5 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + 11 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + -5 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + 3 \cdot (6t^5 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^6) :$$

$$> my := (0 \cdot (1-t)^6 + 3.5 \cdot (6t \cdot (1-t)^5) + 7 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + 10.5 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + 14 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + 17.5 \cdot (6t^5 \cdot (1-t)) + 21 \cdot t^6) :$$

$$> mz := (1.5 \cdot (1-t)^6 + 3 \cdot (6t \cdot (1-t)^5) + -5 \cdot (15 \cdot t^2 \cdot (1-t)^4) + 11 \cdot (20 \cdot t^3 \cdot (1-t)^3) + -5 \cdot (15 \cdot t^4 \cdot (1-t)^2) + 3 \cdot (6t^5 \cdot (1-t)) + 1.5 \cdot t^6) :$$

$$> c5 := plot3d([mx \cdot \cos(u), my, mz \cdot \sin(u)], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$$

$$> display(c5, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);$$

B.22 Permukaan putar bagian ketiga Bezier berderajat delapan

a. bagian ketiga $t = 24$

$$\begin{aligned} > mx := (1.5 \cdot (1-t)^8 + -1 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + 7 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + -1 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 1 \\ & \cdot (70 \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + -1 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + 7 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + -1 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) \\ & + 1.5 \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > my := (0 \cdot (1-t)^8 + 3 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + 6 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + 9 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 12 \cdot (70 \\ & \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + 15 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + 18 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + 21 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) + 24 \\ & \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > mz := (1.5 \cdot (1-t)^8 + -1 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + 7 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + -1 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 1 \\ & \cdot (70 \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + -1 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + 7 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + -1 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) \\ & + 1.5 \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$> c6 := \text{plot3d}([mx \cdot \cos(u), my, mz \cdot \sin(u)], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$$

$$> \text{display}(c6, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

b. bagian ketiga $t = 24$

$$\begin{aligned} > mx := (1.5 \cdot (1-t)^8 + 5 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + -4 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + 4 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 3 \\ & \cdot (70 \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + 4 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + -4 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + 5 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) \\ & + 1.5 \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > my := (0 \cdot (1-t)^8 + 3 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + 6 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + 9 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 12 \cdot (70 \\ & \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + 15 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + 18 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + 21 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) + 24 \\ & \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} > mz := (1.5 \cdot (1-t)^8 + 5 \cdot (8 \cdot t \cdot (1-t)^7) + -4 \cdot (28 \cdot t^2 \cdot (1-t)^6) + 4 \cdot (56 \cdot t^3 \cdot (1-t)^5) + 3 \\ & \cdot (70 \cdot t^4 \cdot (1-t)^4) + 4 \cdot (56 \cdot t^5 \cdot (1-t)^3) + -4 \cdot (28 \cdot t^6 \cdot (1-t)^2) + 5 \cdot (8 \cdot t^7 \cdot (1-t)) \\ & + 1.5 \cdot t^8) : \end{aligned}$$

$$> c7 := \text{plot3d}([mx \cdot \cos(u), my, mz \cdot \sin(u)], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$$

$$> \text{display}(c7, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

B.23 Kurva batas kaki *handle*

a. Kaki cekung

$$> mx := 0.5 \cdot (1-t)^2 + 0.25 \cdot (2 \cdot t \cdot (1-t)) + 0.5 \cdot t^2 :$$

$$> my := 0.5 \cdot (1-t)^2 + 0.25 \cdot (2 \cdot t \cdot (1-t)) + 0.5 \cdot t^2 :$$

$$> mz := 0 \cdot (1-t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1-t)) + 2 \cdot t^2 :$$

$$> \text{kakicekung11} := \text{plot3d}([mx, my, mz], t = 0 .. 1, u = 0 .. 1) :$$

$$> \text{display}(\text{kakicekung11}, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$$

b. Kaki cembung

$$> mx := 0.5 \cdot (1-t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1-t)) + 0.5 \cdot t^2 :$$

- > $my := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $mz := 0 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 2 \cdot t^2 :$
- > $kakicembung11 := plot3d([mx, my, mz], t = 0 .. 1, u = 0 .. 1) :$
- > $display(kakicembung11, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);$

B.24 Permukaan putar kaki *handle*

a. Kaki cekung

- > $mx := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 0.25 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $my := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 0.25 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $mz := 0 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 2 \cdot t^2 :$
- > $kakicekung1 := plot3d([mx \cdot \cos(u), my \cdot \sin(u), mz], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $display(kakicekung1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);$

b. Kaki cembung

- > $mx := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $my := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $mz := 0 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 2 \cdot t^2 :$
- > $kakicembung1 := plot3d([mx \cdot \cos(u), my \cdot \sin(u), mz], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $display(kakicembung1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);$

B.25 Penyajian permukaan putar tabung alas kaki *handle*

- > $a2 := plot3d([0 + 1 \cdot \cos(u), 0 + 1 \cdot \sin(u), t], t = 0 .. 2, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $display(a2, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);$

B.26 Kurva batas kelengkungan pertama alas kaki *handle*

- > $mx := 1 \cdot (1 - t)^2 + 2 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1 \cdot t^2 :$
- > $my := 1 \cdot (1 - t)^2 + 2 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1 \cdot t^2 :$
- > $mz := 0 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 2 \cdot t^2 :$
- > $b211 := plot3d([mx, my, mz], t = 0 .. 1, u = 0 .. 1) :$
- > $display(b211, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);$

B.27 Permukaan putar kelengkungan pertama alas kaki *handle*

- > $mx := 1 \cdot (1 - t)^2 + 2 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1 \cdot t^2 :$
- > $my := 1 \cdot (1 - t)^2 + 2 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1 \cdot t^2 :$
- > $mz := 0 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 2 \cdot t^2 :$
- > $b21 := plot3d([mx \cdot \cos(u), my \cdot \sin(u), mz], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $display(b21, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);$

B.28 Kurva batas kelengkungan kedua alas kaki *handle*

- > $mx := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $my := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $mz := 2 \cdot (1 - t)^2 + 2.5 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 3 \cdot t^2 :$
- > $b221 := \text{plot3d}([mx, my, mz], t = 0 .. 1, u = 0 .. 1) :$
- > $\text{display}(b221, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$

B.29 Permukaan putar kelengkungan kedua alas kaki *handle*

- > $mx := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $my := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $mz := 2 \cdot (1 - t)^2 + 2.5 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 3 \cdot t^2 :$
- > $b22 := \text{plot3d}([mx \cdot \cos(u), my \cdot \sin(u), mz], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(b22, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$

B.30 Hasil penggabungan bagian-bagian *handle* pintu

a. Hasil penggabungan 1

- > $\text{with}(\text{plots}) :$
- > $\text{with}(\text{plottools}) :$
- > $a1 := \text{plot3d}([0 + 0.5 \cdot \cos(u), t, 0 + 0.5 \cdot \sin(u)], t = 0 .. 0.2, u = 0 .. 0.2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(a1, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$
- > $\text{lingkaran1} := \text{plot3d}([0 + r \cdot \cos(u), 0, 0 + r \cdot \sin(u)], r = 0 .. 0.5, u = 0 .. 0.2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(\text{lingkaran1}, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$
- > $mx := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $my := 2 \cdot (1 - t)^2 + 2.5 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 3 \cdot t^2 :$
- > $mz := 0.5 \cdot (1 - t)^2 + 1 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 0.5 \cdot t^2 :$
- > $b11 := \text{plot3d}([mx \cdot \cos(u), my, mz \cdot \sin(u)], t = 0 .. 1, u = 0 .. 0.2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(b11, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$
- > $mx := 1 \cdot (1 - t)^2 + 2 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1 \cdot t^2 :$
- > $my := 3 \cdot (1 - t)^2 + 4 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 5 \cdot t^2 :$
- > $mz := 1 \cdot (1 - t)^2 + 2 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1 \cdot t^2 :$
- > $b12 := \text{plot3d}([mx \cdot \cos(u), my, mz \cdot \sin(u)], t = 0 .. 1, u = 0 .. 0.2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(b12, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$
- > $\text{lingkaran2} := \text{plot3d}([0 + r \cdot \cos(u), 3, 0 + r \cdot \sin(u)], r = 0 .. 1, u = 0 .. 0.2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(\text{lingkaran2}, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$
- > $mx := 1.5 \cdot (1 - t)^2 + 3 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1.5 \cdot t^2 :$
- > $my := 5 \cdot (1 - t)^2 + 6.5 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 8 \cdot t^2 :$
- > $mz := 1.5 \cdot (1 - t)^2 + 3 \cdot (2 \cdot t \cdot (1 - t)) + 1.5 \cdot t^2 :$
- > $b13 := \text{plot3d}([mx \cdot \cos(u), my, mz \cdot \sin(u)], t = 0 .. 1, u = 0 .. 0.2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(b13, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$
- > $\text{lingkaran3} := \text{plot3d}([0 + r \cdot \cos(u), 5, 0 + r \cdot \sin(u)], r = 0 .. 1.5, u = 0 .. 0.2 \cdot \text{Pi}) :$
- > $\text{display}(\text{lingkaran3}, \text{labels} = [x, y, z], \text{axes} = \text{frame}, \text{scaling} = \text{constrained});$


```

> mx := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> my := 8·(1 - t)2 + 20·(2·t·(1 - t)) + 32·t2 :
> mz := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> c1 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(c1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> my := 32·(1 - t)2 + 33.5·(2·t·(1 - t)) + 35·t2 :
> mz := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> d13 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b13, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran4 := plot3d([0 + r·cos(u), 35, 0 + r·sin(u)], r = 0..1.5, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran4, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 35·(1 - t)2 + 36·(2·t·(1 - t)) + 37·t2 :
> mz := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> d12 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(d12, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran5 := plot3d([0 + r·cos(u), 37, 0 + r·sin(u)], r = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran5, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 37·(1 - t)2 + 37.5·(2·t·(1 - t)) + 38·t2 :
> mz := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> d11 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(d11, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran6 := plot3d([0 + r·cos(u), 40, 0 + r·sin(u)], r = 0..0.5, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran6, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> e1 := plot3d([0 + 0.5·cos(u), t, 0 + 0.5·sin(u)], t = 38..40, u = 0..2·Pi) :
> display(e1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 0.25·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 0.25·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-2)·(1 - t)2 + (-3)·(2·t·(1 - t)) + (-4)·t2 :
> kakicekung1 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 13, mz], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(kakicekung1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 0.25·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 0.25·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-2)·(1 - t)2 + (-3)·(2·t·(1 - t)) + (-4)·t2 :
> kakicekung2 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 27, mz], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(kakicekung2, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-4)·(1 - t)2 + (-4.5)·(2·t·(1 - t)) + (-5)·t2 :
> b221 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 13, mz], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b221, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);

```

```

> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-4)·(1 - t)2 + (-4.5)·(2·t·(1 - t)) + (-5)·t2 :
> b222 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 27, mz], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b222, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> mz := (-5)·(1 - t)2 + (-6)·(2·t·(1 - t)) + (-7)·t2 :
> b211 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 13, mz], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b211, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> mz := (-5)·(1 - t)2 + (-6)·(2·t·(1 - t)) + (-7)·t2 :
> b212 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 27, mz], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b212, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran7 := plot3d([0 + r·cos(u), 13 + r·sin(u), -5], r = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran7, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran8 := plot3d([0 + r·cos(u), 27 + r·sin(u), -5], r = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran8, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
display(a1, b11, b12, b13, lingkaran1, lingkaran2, lingkaran3, c1, lingkaran4, lingkaran5,
  lingkaran6, d13, d12, d11, e1, kakicekung1, kakicekung2, lingkaran8, lingkaran7, b221,
  b222, b211, b212, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained)

```

b. Hasil penggabungan 2

```

> a1 := plot3d([0 + 0.5·cos(u), t, 0 + 0.5·sin(u)], t = 0..2, u = 0..2·Pi) :
> display(a1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran1 := plot3d([0 + r·cos(u), 0, 0 + r·sin(u)], r = 0..0.5, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 2·(1 - t)2 + 2.5·(2·t·(1 - t)) + 3·t2 :
> mz := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> b11 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b11, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 3·(1 - t)2 + 4·(2·t·(1 - t)) + 5·t2 :
> mz := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> b12 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b12, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran2 := plot3d([0 + r·cos(u), 3, 0 + r·sin(u)], r = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran2, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> my := 5·(1 - t)2 + 6.5·(2·t·(1 - t)) + 8·t2 :

```

```

> mz := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> b13 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(b13, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran3 := plot3d([0 + r·cos(u), 5, 0 + r·sin(u)], r = 0 ..1.5, u = 0 ..2·Pi) :
> display(lingkaran3, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
>
mx := (1.5·(1 - t)4 + -1·(4·t·(1 - t)3) + 7·(6·t2·(1 - t)2) + -1·(4·t3·(1 - t)) + 1.5·t4) :
>
my := (8·(1 - t)4 + 13·(4·t·(1 - t)3) + 18·(6·t2·(1 - t)2) + 23·(4·t3·(1 - t)) + 28·t4) :
>
mz := (1.5·(1 - t)4 + -1·(4·t·(1 - t)3) + 7·(6·t2·(1 - t)2) + -1·(4·t3·(1 - t)) + 1.5·t4) :
> c3 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(c3, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> my := 28·(1 - t)2 + 29.5·(2·t·(1 - t)) + 31·t2 :
> mz := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> d13 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(d13, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran4 := plot3d([0 + r·cos(u), 31, 0 + r·sin(u)], r = 0 ..1.5, u = 0 ..2·Pi) :
> display(lingkaran4, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 31·(1 - t)2 + 32·(2·t·(1 - t)) + 33·t2 :
> mz := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> d12 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(d12, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran5 := plot3d([0 + r·cos(u), 33, 0 + r·sin(u)], r = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(lingkaran5, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 33·(1 - t)2 + 33.5·(2·t·(1 - t)) + 34·t2 :
> mz := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> d11 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(d11, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> e1 := plot3d([0 + 0.5·cos(u), t, 0 + 0.5·sin(u)], t = 34 ..36, u = 0 ..2·Pi) :
> display(e1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran6 := plot3d([0 + r·cos(u), 36, 0 + r·sin(u)], r = 0 ..0.5, u = 0 ..2·Pi) :
> display(lingkaran6, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :

```

```

> mz := (-1)·(1 - t)2 + (-2)·(2·t·(1 - t)) + (-3)·t2 :
> kakicembung1 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 10, mz], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(kakicembung1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-1)·(1 - t)2 + (-2)·(2·t·(1 - t)) + (-3)·t2 :
> kakicembung2 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 26, mz], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(kakicembung2, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-3)·(1 - t)2 + (-3.5)·(2·t·(1 - t)) + (-4)·t2 :
> b221 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 10, mz], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(b221, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-3)·(1 - t)2 + (-3.5)·(2·t·(1 - t)) + (-4)·t2 :
> b222 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 26, mz], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(b222, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> mz := (-4)·(1 - t)2 + (-5)·(2·t·(1 - t)) + (-6)·t2 :
> b211 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 10, mz], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(b211, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran7 := plot3d([0 + r·cos(u), 10 + r·sin(u), -4], r = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(lingkaran7, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> mz := (-4)·(1 - t)2 + (-5)·(2·t·(1 - t)) + (-6)·t2 :
> b212 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 26, mz], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(b212, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran8 := plot3d([0 + r·cos(u), 26 + r·sin(u), -4], r = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(lingkaran8, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
display(a1, b11, b12, b13, lingkaran1, lingkaran2, lingkaran3, c3, lingkaran4, lingkaran5,
    lingkaran6, d13, d12, d11, e1, kakicembung1, kakicembung2, lingkaran7, lingkaran8, b221,
    b222, b211, b212, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained)

```

c. Hasil penggabungan 3

```

> a1 := plot3d([0 + 0.5·cos(u), t, 0 + 0.5·sin(u)], t = 0 ..2, u = 0 ..2·Pi) :
> display(a1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran1 := plot3d([0 + r·cos(u), 0, 0 + r·sin(u)], r = 0 ..0.5, u = 0 ..2·Pi) :
> display(lingkaran1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 2·(1 - t)2 + 2.5·(2·t·(1 - t)) + 3·t2 :

```

```

> mz := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> b11 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b11, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 3·(1 - t)2 + 4·(2·t·(1 - t)) + 5·t2 :
> mz := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> b12 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b12, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran2 := plot3d([0 + r·cos(u), 3, 0 + r·sin(u)], r = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran2, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> my := 5·(1 - t)2 + 6.5·(2·t·(1 - t)) + 8·t2 :
> mz := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> b13 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b13, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran3 := plot3d([0 + r·cos(u), 5, 0 + r·sin(u)], r = 0..1.5, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran3, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
>
mx := (1.5·(1 - t)6 + -2·(6t·(1 - t)5) + 13·(15·t2·(1 - t)4) + -13·(20·t3·(1 - t)3)
      + 13·(15·t4·(1 - t)2) + -2·(6t5·(1 - t)) + 1.5·t6) :
>
my := (8·(1 - t)6 + 11.5·(6t·(1 - t)5) + 15·(15·t2·(1 - t)4) + 18.5·(20·t3·(1 - t)3)
      + 22·(15·t4·(1 - t)2) + 25.5·(6t5·(1 - t)) + 29·t6) :
>
mz := (1.5·(1 - t)6 + -2·(6t·(1 - t)5) + 13·(15·t2·(1 - t)4) + -13·(20·t3·(1 - t)3)
      + 13·(15·t4·(1 - t)2) + -2·(6t5·(1 - t)) + 1.5·t6) :
> c4 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(c4, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> my := 29·(1 - t)2 + 30.5·(2·t·(1 - t)) + 32·t2 :
> mz := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> d13 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(d13, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran4 := plot3d([0 + r·cos(u), 32, 0 + r·sin(u)], r = 0..1.5, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran4, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 32·(1 - t)2 + 33·(2·t·(1 - t)) + 34·t2 :
> mz := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> d12 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(d12, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran5 := plot3d([0 + r·cos(u), 34, 0 + r·sin(u)], r = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran5, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);

```

```

> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 34·(1 - t)2 + 34.5·(2·t·(1 - t)) + 35·t2 :
> mz := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> d11 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(d11, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> e1 := plot3d([0 + 0.5·cos(u), t, 0 + 0.5·sin(u)], t = 35..37, u = 0..2·Pi) :
> display(e1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran6 := plot3d([0 + r·cos(u), 37, 0 + r·sin(u)], r = 0..0.5, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran6, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 0.25·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 0.25·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-2)·(1 - t)2 + (-3)·(2·t·(1 - t)) + (-4)·t2 :
> kakicekung1 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 13, mz], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(kakicekung1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 0.25·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 0.25·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-2)·(1 - t)2 + (-3)·(2·t·(1 - t)) + (-4)·t2 :
> kakicekung2 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 24, mz], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(kakicekung2, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-4)·(1 - t)2 + (-4.5)·(2·t·(1 - t)) + (-5)·t2 :
> b221 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 13, mz], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b221, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-4)·(1 - t)2 + (-4.5)·(2·t·(1 - t)) + (-5)·t2 :
> b222 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 24, mz], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b222, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> mz := (-5)·(1 - t)2 + (-6)·(2·t·(1 - t)) + (-7)·t2 :
> b211 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 13, mz], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b211, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran7 := plot3d([0 + r·cos(u), 13 + r·sin(u), -5], r = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran7, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> mz := (-5)·(1 - t)2 + (-6)·(2·t·(1 - t)) + (-7)·t2 :
> b212 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 24, mz], t = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(b212, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran8 := plot3d([0 + r·cos(u), 24 + r·sin(u), -5], r = 0..1, u = 0..2·Pi) :
> display(lingkaran8, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);

```



```
display(a1, b11, b12, b13, lingkaran1, lingkaran2, lingkaran3, c4, lingkaran4, lingkaran5,
        lingkaran6, d13, d12, d11, e1, kakicekung1, kakicekung2, lingkaran7, lingkaran8, b221,
        b222, b211, b212, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained)
```

d. Hasil penggabungan 4

```
> a1 := plot3d([0 + 0.5*cos(u), t, 0 + 0.5*sin(u)], t = 0..2, u = 0..2*Pi) :
> display(a1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran1 := plot3d([0 + r*cos(u), 0, 0 + r*sin(u)], r = 0..0.5, u = 0..2*Pi) :
> display(lingkaran1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5*(1 - t)2 + 1*(2*t*(1 - t)) + 0.5*t2 :
> my := 2*(1 - t)2 + 2.5*(2*t*(1 - t)) + 3*t2 :
> mz := 0.5*(1 - t)2 + 1*(2*t*(1 - t)) + 0.5*t2 :
> b11 := plot3d([mx*cos(u), my, mz*sin(u)], t = 0..1, u = 0..2*Pi) :
> display(b11, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1*(1 - t)2 + 2*(2*t*(1 - t)) + 1*t2 :
> my := 3*(1 - t)2 + 4*(2*t*(1 - t)) + 5*t2 :
> mz := 1*(1 - t)2 + 2*(2*t*(1 - t)) + 1*t2 :
> b12 := plot3d([mx*cos(u), my, mz*sin(u)], t = 0..1, u = 0..2*Pi) :
> display(b12, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran2 := plot3d([0 + r*cos(u), 3, 0 + r*sin(u)], r = 0..1, u = 0..2*Pi) :
> display(lingkaran2, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1.5*(1 - t)2 + 3*(2*t*(1 - t)) + 1.5*t2 :
> my := 5*(1 - t)2 + 6.5*(2*t*(1 - t)) + 8*t2 :
> mz := 1.5*(1 - t)2 + 3*(2*t*(1 - t)) + 1.5*t2 :
> b13 := plot3d([mx*cos(u), my, mz*sin(u)], t = 0..1, u = 0..2*Pi) :
> display(b13, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran3 := plot3d([0 + r*cos(u), 5, 0 + r*sin(u)], r = 0..1.5, u = 0..2*Pi) :
> display(lingkaran3, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
>
mx := (1.5*(1 - t)4 + 7*(4*t*(1 - t)3) + -5*(6*t2*(1 - t)2) + 7*(4*t3*(1 - t)) + 1.5
      .t4) :
>
my := (8*(1 - t)4 + 15*(4*t*(1 - t)3) + 19.5*(6*t2*(1 - t)2) + 24*(4*t3*(1 - t)) + 31
      .t4) :
>
mz := (1.5*(1 - t)4 + 7*(4*t*(1 - t)3) + -5*(6*t2*(1 - t)2) + 7*(4*t3*(1 - t)) + 1.5
      .t4) :
>
c2 := plot3d([mx*cos(u), my, mz*sin(u)], t = 0..1, u = 0..2*Pi) :
> display(c2, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1.5*(1 - t)2 + 3*(2*t*(1 - t)) + 1.5*t2 :
```

```

> my := 31·(1 - t)2 + 32.5·(2·t·(1 - t)) + 34·t2 :
> mz := 1.5·(1 - t)2 + 3·(2·t·(1 - t)) + 1.5·t2 :
> d13 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(d13, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran4 := plot3d([0 + r·cos(u), 34, 0 + r·sin(u)], r = 0 ..1.5, u = 0 ..2·Pi) :
> display(lingkaran4, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 34·(1 - t)2 + 35·(2·t·(1 - t)) + 36·t2 :
> mz := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> d12 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(d12, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran5 := plot3d([0 + r·cos(u), 36, 0 + r·sin(u)], r = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(lingkaran5, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 36·(1 - t)2 + 36.5·(2·t·(1 - t)) + 37·t2 :
> mz := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> d11 := plot3d([mx·cos(u), my, mz·sin(u)], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(d11, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> e1 := plot3d([0 + 0.5·cos(u), t, 0 + 0.5·sin(u)], t = 37 ..39, u = 0 ..2·Pi) :
> display(e1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran6 := plot3d([0 + r·cos(u), 39, 0 + r·sin(u)], r = 0 ..0.5, u = 0 ..2·Pi) :
> display(lingkaran6, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-2.75)·(1 - t)2 + (-3.75)·(2·t·(1 - t)) + (-4.75)·t2 :
> kakicembung1 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 12.5, mz], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(kakicembung1, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-2.75)·(1 - t)2 + (-3.75)·(2·t·(1 - t)) + (-4.75)·t2 :
> kakicembung2 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 27.5, mz], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(kakicembung2, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-4.75)·(1 - t)2 + (-5.25)·(2·t·(1 - t)) + (-5.75)·t2 :
> b221 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 12.5, mz], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(b221, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> my := 0.5·(1 - t)2 + 1·(2·t·(1 - t)) + 0.5·t2 :
> mz := (-4.75)·(1 - t)2 + (-5.25)·(2·t·(1 - t)) + (-5.75)·t2 :
> b222 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 27.5, mz], t = 0 ..1, u = 0 ..2·Pi) :
> display(b222, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :

```



```

> my := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> mz := (-5.75)·(1 - t)2 + (-6.75)·(2·t·(1 - t)) + (-7.75)·t2 :
> b211 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 12.5, mz], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2·Pi) :
> display(b211, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran7 := plot3d([0 + r·cos(u), 12.5 + r·sin(u), -5.75], r = 0 .. 1, u = 0 .. 2·Pi) :
> display(lingkaran7, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> mx := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> my := 1·(1 - t)2 + 2·(2·t·(1 - t)) + 1·t2 :
> mz := (-5.75)·(1 - t)2 + (-6.75)·(2·t·(1 - t)) + (-7.75)·t2 :
> b212 := plot3d([mx·cos(u), my·sin(u) + 27.5, mz], t = 0 .. 1, u = 0 .. 2·Pi) :
> display(b212, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
> lingkaran8 := plot3d([0 + r·cos(u), 27.5 + r·sin(u), -5.75], r = 0 .. 1, u = 0 .. 2·Pi) :
> display(lingkaran8, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);
display(a1, b11, b12, b13, lingkaran1, lingkaran2, lingkaran3, c2, lingkaran4, lingkaran5,
  lingkaran6, d11, d12, d13, e1, kacicembung1, kacicembung2, lingkaran7, lingkaran8, b221,
  b222, b211, b212, labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained);

```

