



**DESAIN TIANG PENUNJUK ARAH DENGAN KURVA
BEZIER, KURVA HERMIT, DAN TRANSFORMASI AFFINE**

SKRIPSI

Oleh

Desi Wulandari

NIM 171810101047

JURUSAN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2021



**DESAIN TIANG PENUNJUK ARAH DENGAN KURVA
BEZIER, KURVA HERMIT, DAN TRANSFORMASI AFFINE**

SKRIPSI

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

Oleh

Desi Wulandari

NIM 171810101047

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

2021

PERSEMBAHAN

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

1. Ibunda Siti Kholifah dan Ayahanda Dimalik tercinta, terimakasih atas doa, perhatian, pengorbanan dan kasih sayang untuk putri tercintanya.
2. Kakak tersayang Siti Listiana yang telah banyak membantu dan memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Guru-guru sejak Sekolah Dasar hingga Perguruan Tinggi, yang telah memberikan banyak ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran.
4. Almamater Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, SMA Negeri 1 Dringu, SMP Negeri 1 Dringu, SDN Pabean.

MOTTO

Opportunities don't happen. You create them.

(Chris Grosser)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Desi Wulandari

NIM : 171810101047

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Desain Tiang Penunjuk Arah dengan Kurva Bezier, Kurva Hermit, dan Transformasi Affine” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab 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 dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2021
yang menyatakan,

Desi Wulandari
NIM 171810101047

SKRIPSI

**DESAIN TIANG PENUNJUK ARAH DENGAN KURVA
BEZIER, KURVA HERMIT, DAN TRANSFORMASI AFFINE**

Oleh

Desi Wulandari

NIM 171810101047

Pembimbing:

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Desain Tiang Penunjuk Arah dengan Kurva Bezier, Kurva Hermit, dan Transformasi Affine”, 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,

Kosala Dwidja Purnomo, S.Si., M.Si.

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

NIP 196908281998021001

NIP 195912201985031002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Jember

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

NIP 195910091986021001

RINGKASAN

Desain Tiang Penunjuk Arah dengan Kurva Bezier, Kurva Hermit, dan Transformasi Affine; Desi Wulandari; 171810101047; 2021; 116 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tiang penunjuk arah digunakan untuk memberikan informasi kepada seseorang agar tidak tersesat atau salah tempat. Tiang penunjuk arah biasa ditempatkan di tempat terbuka seperti pada taman, pinggir jalan, tempat parkir dan tempat-tempat terbuka lainnya. Desain dari tiang penunjuk arah harus dibuat unik dan mencolok agar menarik perhatian orang sekitar dan dapat dengan mudah ditemukan. Desain tiang penunjuk arah ini berkaitan dengan geometri yaitu terkait perbedaan ukuran, jumlah komponen pembangun, serta bentuk-bentuk komponen pembangunnya. Komponen-komponen pembangun tiang penunjuk arah dapat dikategorikan menjadi lima bagian yaitu bagian alas, bagian kaki, bagian penyangga, bagian penghubung, dan bagian papan. Komponen-komponen pembangunnya terbentuk dari benda-benda geometri dasar seperti prisma segi empat, prisma segi enam, dan tabung.

Penelitian desain tiang penunjuk arah ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama yaitu modelisasi komponen-komponen tiang penunjuk arah dengan menggunakan penggabungan deformasi benda geometri ruang, kurva Bezier, dan kurva Hermit. Benda geometri ruang yang digunakan adalah prisma segi enam, prisma segi empat, dan tabung. Kurva Bezier yang digunakan adalah kurva Bezier berderajat kurang atau sama dengan 6 ($n \leq 6$) dan kurva Hermit kubik. Tahap kedua yaitu menggabungkan komponen-komponen tiang penunjuk arah yang telah diperoleh dari hasil deformasi. Penggabungan komponen tiang penunjuk arah dilakukan dengan membagi segmen pada sumbu-z menjadi empat bagian sebagai bagian alas, kaki, penyangga dan penghubung, bagian papan.

Hasil penelitian ini yaitu mendapatkan prosedur modelisasi tiang penunjuk arah menggunakan teknik deformasi. Masing-masing komponen tiang penunjuk

arah dibangun dengan hasil deformasi benda geometri yang berbeda. Bagian alas dibangun menggunakan deformasi prisma segi empat pola bunga lengkung pojok dengan kelengkungan kurva Bezier dan dilatasi, prisma segi enam dilatasi, serta tabung pada sumbu- z . Bagian kaki dibangun menggunakan deformasi prisma segi empat pola bunga dengan kelengkungan kurva Bezier dan tabung pada sumbu- z . Bagian penyangga dibangun menggunakan deformasi prisma segi enam dengan kelengkungan kurva Bezier dan rotasi tutup atas prisma sebesar $30^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ serta tabung pada sumbu- z , sumbu- y , dan sumbu- x . Bagian penghubung dibangun menggunakan penggabungan kurva Bezier berderajat $n \leq 6$ dengan kurva Hermit kubik. Bagian penyangga dibangun menggunakan bidang segi empat dan bidang segi tiga. Model tiang penunjuk arah 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 “Desain Tiang Penunjuk Arah dengan Kurva Bezier, Kurva Hermit, dan Transformasi Affine”. 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. Kosala Dwidja Purnomo, S.Si., M.Si. dan Prof. Drs. I Made Tirta, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini.
3. Dian Anggraeni S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing saya dari awal masa perkuliahan.
4. Teman-temanku Diah, Nitta, Wiwit, Fatimah, terimakasih telah membantu dan memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Teman-teman GRB (Dian, Vina, Zulfa), terimakasih telah banyak memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Syaiful Ihsan yang selalu memberikan semangat, dan motivasi selama perkuliahan dan membantu dalam penyusunan skripsi ini.
7. Sahabatku Hikmatul yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Semua teman-teman angkatan 2017, teman-teman kos Halmahera, dan semua teman-teman Jurusan Matematika yang telah memberikan dukungan, bantuan dan motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. 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, Januari 2021

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	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penyajian Segmen Garis di R^3	5
2.2 Penyajian Interpolasi	6
2.3 Penyajian Prisma	7
2.3.1 Penyajian prisma segiempat	7
2.3.2 Penyajian prisma segienam	8
2.4 Transformasi Affine	9
2.4.1 Translasi di R^3	10
2.4.2 Rotasi	10
2.4.3 Dilatasi	11

2.5 Penyajian Lingkaran di R^3	11
2.6 Penyajian Tabung	13
2.7 Penyajian Kurva Bezier	14
2.8 Penyajian Kurva Hermit di R^3	17
2.9 Permukaan Putar	18
2.10 Konstruksi Objek Dasar Geometri pada Program Maple 18 ...	20
2.10.1 Penyajian segmen garis di ruang	20
2.10.2 Penyajian interpolasi.....	20
2.10.3 Penyajian lingkaran di ruang	21
2.10.4 Penyajian tabung	22
2.10.5 Kurva Bezier	22
2.10.6 Kurva Hermit	23
2.10.7 Penyajian Permukaan Putar kurva Bezier	24
2.10.8 Penyajian Permukaan Putar kurva Hermit	25
BAB 3. METODOLOGI	26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Modelisasi Komponen Dasar Tiang Penunjuk Arah	31
4.1.1 Deformasi Prisma Segi empat Beraturan	31
4.1.2 Deformasi Prisma Segi enam Beraturan	36
4.1.3 Konstruksi Tabung	40
4.1.4 Modelisasi Kurva Batas Penghubung Tiang	42
4.1.5 Memutar Kurva Batas Penghubung Tiang	46
4.1.6 Penggabungan Penghubung Tiang	48
4.2 Penggabungan Komponen Tiang Penunjuk Arah	52
4.3 Pembahasan	56
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	64

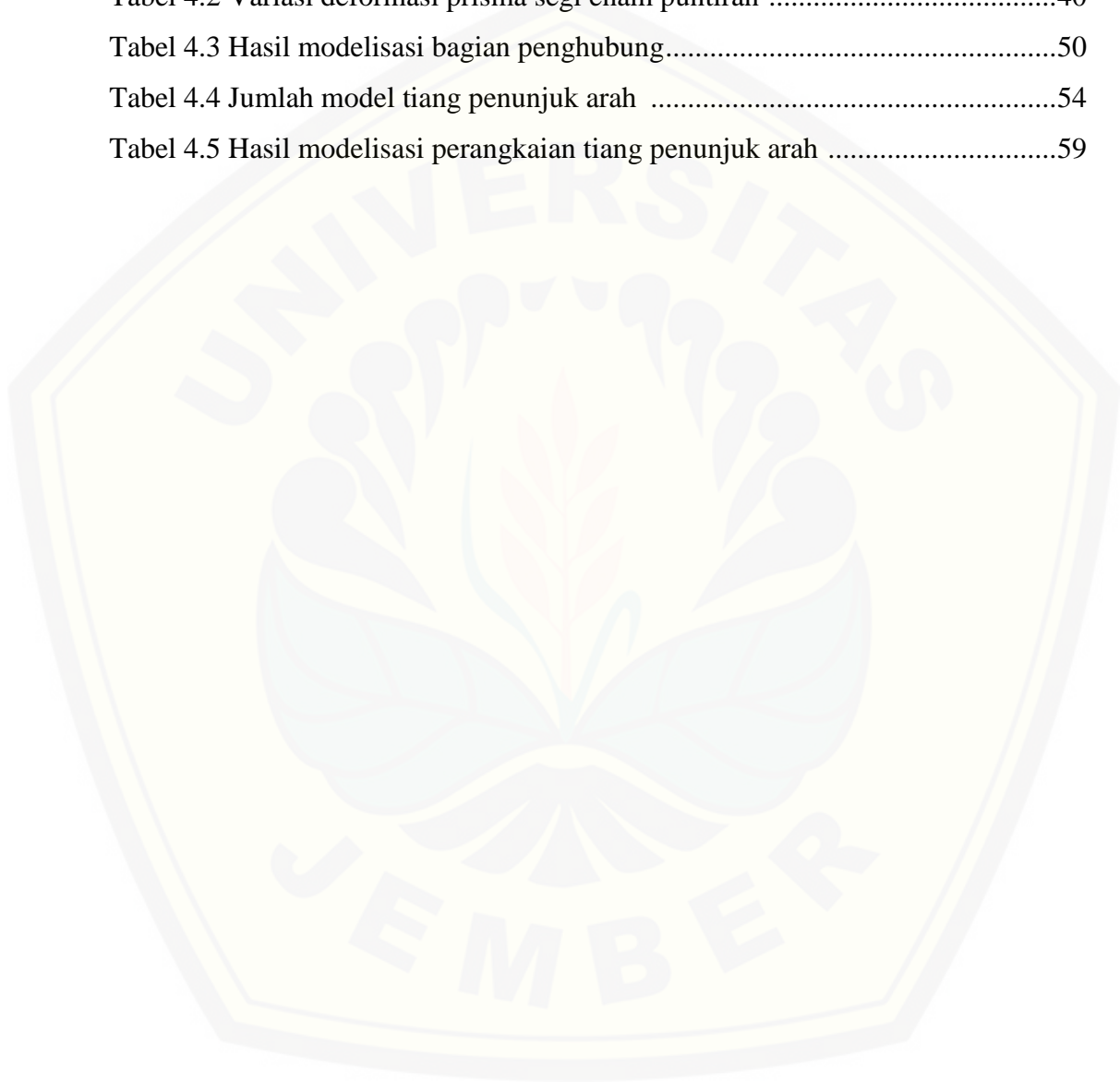
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Contoh tiang penunjuk arah dan komponennya	2
Gambar 2.1 Penyajian segmen garis di ruang	5
Gambar 2.2 Contoh Interpolasi	6
Gambar 2.3 Prisma segi empat beraturan	8
Gambar 2.4 Prisma segi enam beraturan	9
Gambar 2.5 Penyajian bidang lingkaran di ruang	11
Gambar 2.6 Penyajian tabung	14
Gambar 2.7 Kurva Hermit	18
Gambar 2.8 Permukaan putar	18
Gambar 2.9 Permukaan putar kurva $C(x)$	19
Gambar 2.10 Penyajian segmen garis di ruang pada Maple 18	20
Gambar 2.11 Interpolasi dua segmen garis	21
Gambar 2.12 Interpolasi dua segmen garis dengan variasi lengkungan	21
Gambar 2.13 Penyajian lingkaran di ruang pada Maple 18	22
Gambar 2.14 Penyajian tabung pada Maple 18	22
Gambar 2.15 Penyajian kurva Bezier pada Maple 18	23
Gambar 2.16 Penyajian kurva Hermit pada Maple 18	24
Gambar 2.17 Penyajian permukaan putar kurva Bezier pada Maple 18	24
Gambar 2.18 Penyajian permukaan putar kurva Hermit pada Maple 18	25
Gambar 3.1 Deformasi prisma segiempat teknik dilatasi	26
Gambar 3.2 Deformasi prisma segiempat pola bunga lengkung pojok	27
Gambar 3.3 Pembagian rusuk segiempat dengan perbandingan 1:2:2:2:1	27
Gambar 3.4 Deformasi prisma segienam teknik dilatasi	27
Gambar 3.5 Deformasi prisma segienam teknik memuntir	28
Gambar 3.6 Deformasi bidang segienam pola bunga	28
Gambar 3.7 Penggabungan kurva Bezier dan kurva Hermit	29
Gambar 3.8 Penggabungan komponen tiang papan nama jalan	29

Gambar 3.9 Skema prosedur modelisasi tiang penunjuk arah	30
Gambar 4.1 Deformasi dilatasi tutup atas prisma segi empat	32
Gambar 4.2 Deformasi dilatasi tutup atas prisma segi empat pada Maple 18	32
Gambar 4.3 Deformasi prisma segi empat beraturan pola bunga lengkung pojok	33
Gambar 4.4 Deformasi prisma segi empat pola bunga lengkung pojok pada Maple 18	34
Gambar 4.5 Deformasi prisma segi empat pola bunga	35
Gambar 4.6 Deformasi dilatasi tutup atas prisma segi enam	37
Gambar 4.7 Deformasi dilatasi tutup atas prisma segi enam pada Maple 18	37
Gambar 4.8 Deformasi prisma segi enam puntiran	39
Gambar 4.9 Tabung pada sumbu- z	41
Gambar 4.10 Tabung pada sumbu- x	41
Gambar 4.11 Tabung pada sumbu- y	42
Gambar 4.12 Kurva batas kurva Bezier berderajat tiga pada Maple 18	43
Gambar 4.13 Kurva batas kurva Bezier berderajat empat pada Maple 18	44
Gambar 4.14 Kurva batas kurva Bezier berderajat lima pada Maple 18	45
Gambar 4.15 Kurva batas kurva Bezier berderajat enam pada Maple 18	46
Gambar 4.16 Permukaan putar kurva Bezier berderajat tiga pada Maple 18	47
Gambar 4.17 Permukaan putar kurva Bezier berderajat empat pada Maple 18.....	47
Gambar 4.18 Permukaan putar kurva Bezier berderajat lima pada Maple 18	48
Gambar 4.19 Permukaan putar kurva Bezier berderajat enam pada Maple 18.....	48
Gambar 4.20 Penggabungan kurva Bezier dan kurva Hermit	50
Gambar 4.21 Sumbu tegak penggabungan komponen tiang.....	51
Gambar 4.22 Variasi perangkaian tiang pada Maple 18.....	55
Gambar 4.23 Variasi bentuk komponen tiang hasil teknik deformasi.....	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Variasi deformasi prisma segi empat pola bunga	36
Tabel 4.2 Variasi deformasi prisma segi enam puntiran	40
Tabel 4.3 Hasil modelisasi bagian penghubung.....	50
Tabel 4.4 Jumlah model tiang penunjuk arah	54
Tabel 4.5 Hasil modelisasi perangkaian tiang penunjuk arah	59



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Perhitungan Rotasi Tutup Atas Prisma Segi enam Beraturan.....	64
B. Deformasi Prisma Segi empat	64
B.1 Dilatasi Tutup Atas	64
B.2 Prisma Segi empat Pola Bunga Lengkung Pojok.....	65
B.3 Prisma Segi empat Pola Bunga.....	67
C. Deformasi Prisma Segi enam	70
C.1 Dilatasi Tutup Atas	70
C.2 Puntiran.....	71
D. Konstruksi Tabung	78
D.1 Tabung pada sumbu- z	78
D.2 Tabung pada sumbu- x	78
D.3 Tabung pada sumbu- y	78
E. Penghubung Tiang	78
E.1 Kurva Bezier.....	78
E.2 Memutar Kurva Bezier.....	80
E.3 Kurva Hermit	82
E.4 Penggabungan Kurva Bezier dan kurva Hermit	83
F. Perangkaian Seluruh Komponen Tiang	86
F.1 Model 1 Sumbu Pemodelan Sumbu- z	86
F.2 Model 2 Sumbu Pemodelan Sumbu- z	88
F.3 Model 3 Sumbu Pemodelan Sumbu- z	89
F.4 Model 4 Sumbu Pemodelan Sumbu- z dan Sumbu- x	91
F.5 Model 5 Sumbu Pemodelan Sumbu- z , Sumbu- x , dan Sumbu- y	95
F.6 Model 6 Sumbu Pemodelan Sumbu- z dan Sumbu- x	97

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tiang penunjuk arah digunakan untuk memberikan informasi kepada seseorang agar tidak tersesat atau salah tempat. Tiang penunjuk arah biasa ditempatkan di tempat terbuka seperti pada taman, pinggir jalan, tempat parkir dan tempat-tempat terbuka lainnya. Seiring dengan berkembangnya teknologi dan pengetahuan, variasi dari tiang penunjuk arah ini semakin banyak. Variasi tersebut meliputi bahan, ukuran, bentuk papan serta desain tiang yang unik. Pemilihan bahan harus diperhatikan agar penunjuk arah tidak mudah rusak karena tempatnya di luar ruangan. Bahan yang digunakan merupakan bahan yang tahan terhadap panas, dingin, hujan, dan perubahan iklim yang ekstrem.

Desain dari tiang penunjuk arah harus dibuat unik dan mencolok agar menarik perhatian orang sekitar dan dapat dengan mudah ditemukan. Desain tiang penunjuk arah ini berkaitan dengan geometri yaitu terkait perbedaan ukuran, jumlah komponen pembangun, serta bentuk-bentuk komponen pembangunnya. Komponen-komponen pembangun tiang penunjuk arah dapat dikategorikan menjadi lima bagian yaitu bagian alas, bagian kaki, bagian penyangga, bagian penghubung, dan bagian papan. Komponen-komponen pembangunnya terbentuk dari benda-benda geometri dasar seperti prisma segi empat, prisma segi enam, dan tabung (Gambar 1.1). Oleh karena itu, dapat dilakukan pengembangan modelisasi komponen-komponen tiang penunjuk arah sehingga dihasilkan bentuk-bentuk yang lebih bervariasi.

Geometri merupakan struktur matematika yang membicarakan unsur dan relasi yang ada diantara unsur tersebut. Titik, garis, bidang, dan ruang adalah unsur abstrak yang menjadi unsur utama dan dasar dalam geometri (Fuat, 2020). Salah satu obyek geometri adalah kurva. Kurva memiliki berbagai jenis, diantaranya adalah kurva Bezier dan kurva Hermit. Kurva Bezier merupakan garis yang dibentuk oleh dua titik dan dapat dilengkungkan melalui titik kontrol yang terdapat dalam titik-titik pembentuk kurva tersebut (Enterprise, 2017).



(a) Contoh tiang penunjuk arah

(b) komponen tiang penunjuk arah

Gambar 1.1 Contoh tiang penunjuk arah dan komponennya
(Sumber : <https://sepakatberkarya.com/produk-kami/#10>)

Kusno (2014) melakukan penelitian tentang konstruksi bentuk benda onyx dan marmer melalui teknik penggabungan beberapa permukaan putar Bezier. Dalam penelitiannya mendapatkan teknik hitung dan formula parametrik konstruksi komponen dasar benda onyx dan marmer serta kekontinuan penggabungan antar dua komponen benda putar yang berdekatan. Putri (2018) melakukan penelitian tentang modelisasi piala. Dalam penelitiannya, piala dimodelisasi dengan menggunakan deformasi prisma segi enam, deformasi tabung, dan deformasi kerucut dan kurva Bezier. Sugianto (2018) melakukan penelitian tentang modelisasi tiang teras dengan menggunakan hasil deformasi prisma segienam, tabung, dan bola. Teknik deformasi yang digunakan adalah pemotongan, penggabungan, dan interpolasi sehingga dihasilkan model tiang teras yang bervariasi. Emeraldal (2018) melakukan penelitian tentang modelisasi tugu dengan menggabungkan benda dasar geometri dan kurva Bezier. Benda dasar geometri yang digunakan adalah tabung, prisma segi empat, dan limas segi empat yang dideformasi dengan teknik dilatasi, pemotongan, pemutaran kurva, dan interpolasi. Triadi (2020) melakukan penelitian tentang modelisasi botol minum dengan mengaplikasikan kurva Bezier. Kurva Bezier yang digunakan berderajat kurang dari atau sama dengan enam ($n \leq 6$). Wahana (2020) melakukan

penelitian modelisasi handle pintu menggunakan kurva Bezier dan deformasi tabung. Kurva Bezier yang digunakan berderajat dua, empat, enam dan delapan.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan modelisasi tiang penunjuk arah dengan mengaplikasikan transformasi affine, penggabungan hasil deformasi benda geometri ruang, kurva Bezier, dan kurva Hermit. Benda geometri ruang yang digunakan adalah prisma segi enam, prisma segi empat, dan tabung. Kurva Bezier yang akan digunakan adalah kurva Bezier berderajat kurang atau sama dengan 6 ($n \leq 6$) dan kurva Hermit kubik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan kendala yang dijelaskan pada latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana mengaplikasikan transformasi affine, kurva Bezier, dan kurva Hermit untuk mendesain tiang penunjuk arah yang bervariasi?
- b. Bagaimana visualisasi model tiang penunjuk arah berbantu komputer?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Memodelisasi tiang penunjuk arah tanpa memperhatikan kehalusan (*smooth*) pada hasil deformasi komponennya.
- b. Sambungan *smooth* (halus) digunakan pada bagian penghubung tiang.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mendapatkan pengaplikasian transformasi affine untuk membangun komponen-komponen tiang penunjuk arah.
- b. Memperoleh visualisasi model tiang penunjuk arah dengan komputer.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang modelisasi tiang penunjuk arah serta dapat memberikan inovasi model tiang penunjuk arah yang lebih bervariasi.



BAB 2. KAJIAN PUSTAKA

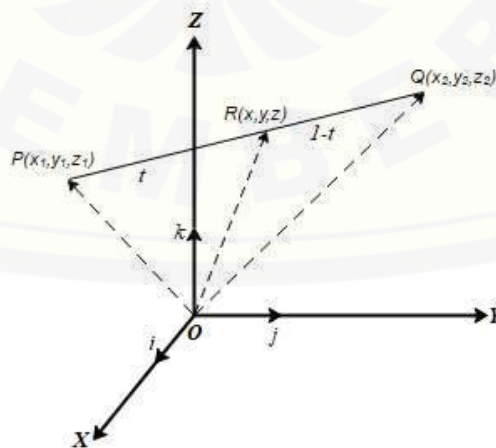
Bab ini menyajikan beberapa teori dasar yang berkaitan dengan prosedur modelisasi tiang penunjuk arah. Teori dasar tersebut meliputi kajian translasi titik di R^3 , dilatasi, rotasi, interpolasi bidang, penyajian prisma segi empat dan prisma segi enam, penyajian lingkaran di R^3 , penyajian tabung di R^3 , penyajian kurva Bezier di R^3 , penyajian kurva Hermit di R^3 , permukaan putar, kekontinuan penggabungan kurva, serta penyajian di Maple 18. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam proses modelisasi beragam komponen tiang penunjuk arah dan perangkaian modelisasi tiang penunjuk arah.

2.1 Penyajian Segmen Garis di R^3

Segmen garis PQ atau dinotasikan dengan \overline{PQ} merupakan himpunan titik-titik dari garis yang memuat titik P dan titik Q serta semua titik yang berada diantara titik P dan Q. Misalkan diberikan dua buah titik berbeda di ruang dengan koordinat masing-masing $P(x_1, y_1, z_1)$ dan $Q(x_2, y_2, z_2)$, maka segmen garis \overline{PQ} dapat didefinisikan secara vektorial dengan persamaan sebagai berikut (Gambar 2.1).

$$\overrightarrow{OR} = (1 - t)\overrightarrow{OP} + t\overrightarrow{OQ} \quad (2.1)$$

dengan $t \in [0,1]$ merupakan variabel parameter dan R elemen \overline{PQ} .



Gambar 2.1 Penyajian segmen garis di ruang

Persamaan 2.1 tersebut selanjutnya dapat dinyatakan menjadi persamaan parametrik segmen garis sebagai berikut.

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

atau

$$\begin{aligned} x &= (1 - t)x_1 + tx_2 \\ y &= (1 - t)y_1 + ty_2 \\ z &= (1 - t)z_1 + tz_2 \end{aligned} \quad (2.2b)$$

(Kusno, 2009)

2.2 Penyajian Interpolasi

Misal diberikan dua segmen garis yaitu \overline{AB} dan \overline{CD} yang masing-masing didefinisikan dengan $A(x_1, y_1, z_1)$, $B(x_2, y_2, z_2)$, $C(x_3, y_3, z_3)$, dan $D(x_4, y_4, z_4)$ dalam bentuk parametrik $l_1(u)$ dan $l_2(u)$, maka untuk membangun permukaan parametrik dari hasil interpolasi linier kedua segmen garis \overline{AB} dan \overline{CD} tersebut, dapat dirumuskan sebagai berikut (Gambar 2.2) :

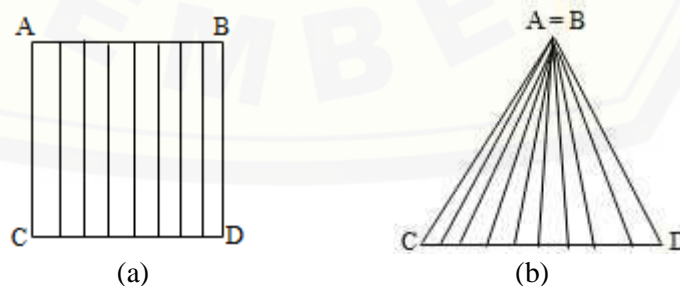
$$S(u, v) = (1 - v)l_1(u) + vl_2(u) \quad (2.3)$$

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

Sementara itu, untuk membangun permukaan lengkung hasil interpolasi kurva ruang dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

dengan $C_1(\theta)$ dan $C_2(\theta)$ adalah kurva batas ke arah θ permukaan lingkaran maupun elips.



(a) Bidang Segi empat dari interpolasi \overline{AB} ke \overline{CD} ; (b) Bidang Segitiga

Gambar 2.2 Contoh Interpolasi

2.3 Penyajian Prisma

Prisma adalah polihedron dengan dua sisi saling berhadapan yang merupakan poligon segi- n yang identik atau sebangun. Sisi-sisi tersebut biasa dinamakan sisi alas atau alas dan kemudian ada yang dinamakan alas atas dan alas bawah. Dua sisi alas atas dan bawah tersebut dihubungkan oleh poligon persegi panjang atau poligon jajargenjang (Roebyanto, 2014). Berikut merupakan tahapan membangun prisma segiempat dan prisma segienam.

2.3.1 Penyajian Prisma Segi empat

Misalkan diketahui segi empat beraturan dengan titik $K_1(x_1, y_1, z_1)$, $K_2(x_2, y_2, z_2)$, $K_3(x_3, y_3, z_3)$, $K_4(x_4, y_4, z_4)$ pada bidang XOY dengan vektor $\mathbf{n}_A < 0, 0, 1 >$. Langkah-langkah untuk mengkonstruksi prisma segiempat adalah sebagai berikut (Gambar 2.3) :

1. Menentukan koordinat titik K_1', K_2', K_3', K_4' dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\overrightarrow{OK_1'} &= \langle x_1, y_1, z_1 \rangle + \lambda \langle 0, 0, 1 \rangle \\ \overrightarrow{OK_2'} &= \langle x_2, y_2, z_2 \rangle + \lambda \langle 0, 0, 1 \rangle \\ \overrightarrow{OK_3'} &= \langle x_3, y_3, z_3 \rangle + \lambda \langle 0, 0, 1 \rangle \\ \overrightarrow{OK_4'} &= \langle x_4, y_4, z_4 \rangle + \lambda \langle 0, 0, 1 \rangle\end{aligned}\quad (2.5)$$

dengan $\lambda \in R$.

2. Membangkitkan segmen garis $\overline{K_1'K_2'}$, $\overline{K_2'K_3'}$, $\overline{K_3'K_4'}$, $\overline{K_4'K_1'}$ sebagai berikut:

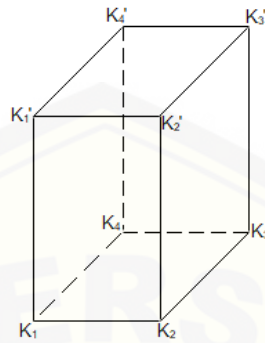
$$\begin{aligned}u(x_1, y_1, z_1) + (1 - u)(x_2, y_2, z_2) &= \mathbf{P}(x_{12}, y_{12}, z_{12}) \\ u(x_2, y_2, z_2) + (1 - u)(x_3, y_3, z_3) &= \mathbf{P}(x_{23}, y_{23}, z_{23}) \\ u(x_3, y_3, z_3) + (1 - u)(x_4, y_4, z_4) &= \mathbf{P}(x_{34}, y_{34}, z_{34}) \\ u(x_4, y_4, z_4) + (1 - u)(x_1, y_1, z_1) &= \mathbf{P}(x_{41}, y_{41}, z_{41})\end{aligned}\quad (2.6)$$

dengan $0 \leq t \leq 1$ sehingga didapatkan bidang segi empat K_1', K_2', K_3', K_4' .

3. Menginterpolasi pasangan persegi panjang tersebut menggunakan formula:

$$\begin{aligned}\mathbf{S}_{K_1K_2K_3K_4}(u, v) &= v\overrightarrow{K_1K_2}(u) + (1 - v)\overrightarrow{K_3K_4}(u) \\ \mathbf{S}_{K_1K_2K_1'K_2'}(u, v) &= v\overrightarrow{K_1K_2}(u) + (1 - v)\overrightarrow{K_1'K_2'}(u) \\ \mathbf{S}_{K_3K_4K_3'K_4'}(u, v) &= v\overrightarrow{K_3K_4}(u) + (1 - v)\overrightarrow{K_3'K_4'}(u) \\ \mathbf{S}_{K_1K_4K_1'K_4'}(u, v) &= v\overrightarrow{K_1K_4}(u) + (1 - v)\overrightarrow{K_1'K_4'}(u)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{K_2K_3K_2'K_3'}(u, v) &= v\overrightarrow{K_2K_3}(u) + (1-v)\overrightarrow{K_2'K_3'}(u) \\ S_{K_1'K_2'K_3'K_4'}(u, v) &= v\overrightarrow{K_1'K_2'}(u) + (1-v)\overrightarrow{K_3'K_4'}(u) \end{aligned} \quad (2.7)$$



Gambar 2.3 Prisma segi empat beraturan

2.3.2 Prisma Segi enam

Misalkan diketahui segi enam beraturan $K_1K_2K_3K_4K_5K_6$ dengan koordinat titik-titik sudut $K_1(x_1, y_1, z_1)$, $K_2(x_2, y_2, z_2)$, $K_3(x_3, y_3, z_3)$, $K_4(x_4, y_4, z_4)$, $K_5(x_5, y_5, z_5)$, dan $K_6(x_6, y_6, z_6)$ pada bidang XOY dengan vektor $\eta_A < 0,0,1 >$. Langkah-langkah mengkonstruksi prisma segi enam beraturan adalah sebagai berikut (Gambar 2.4) :

1. Menentukan koordinat titik $K_1', K_2', K_3', K_4', K_5', K_6'$ dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \overrightarrow{OK_1'} &= \langle x_1, y_1, z_1 \rangle + \lambda \langle 0, 0, 1 \rangle \\ \overrightarrow{OK_2'} &= \langle x_2, y_2, z_2 \rangle + \lambda \langle 0, 0, 1 \rangle \\ \overrightarrow{OK_3'} &= \langle x_3, y_3, z_3 \rangle + \lambda \langle 0, 0, 1 \rangle \\ \overrightarrow{OK_4'} &= \langle x_4, y_4, z_4 \rangle + \lambda \langle 0, 0, 1 \rangle \\ \overrightarrow{OK_5'} &= \langle x_5, y_5, z_5 \rangle + \lambda \langle 0, 0, 1 \rangle \\ \overrightarrow{OK_6'} &= \langle x_6, y_6, z_6 \rangle + \lambda \langle 0, 0, 1 \rangle \end{aligned} \quad (2.8)$$

dengan $\lambda \in R$.

2. Membangkitkan segmen garis $\overline{K_1'K_2'}$, $\overline{K_2'K_3'}$, $\overline{K_3'K_4'}$, $\overline{K_4'K_5'}$, $\overline{K_5'K_6'}$, $\overline{K_6'K_1'}$ sebagai berikut:

$$u(x_1, y_1, z_1) + (1-u)(x_2, y_2, z_2) = \mathbf{P}(x_{12}, y_{12}, z_{12})$$

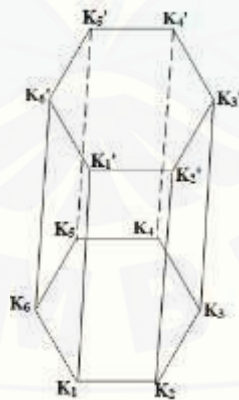
$$\begin{aligned}
u(x_2, y_2, z_2) + (1 - u)(x_3, y_3, z_3) &= \mathbf{P}(x_{23}, y_{23}, z_{23}) \\
u(x_3, y_3, z_3) + (1 - u)(x_4, y_4, z_4) &= \mathbf{P}(x_{34}, y_{34}, z_{34}) \\
u(x_4, y_4, z_4) + (1 - u)(x_5, y_5, z_5) &= \mathbf{P}(x_{45}, y_{45}, z_{45}) \\
u(x_5, y_5, z_5) + (1 - u)(x_6, y_6, z_6) &= \mathbf{P}(x_{56}, y_{56}, z_{56}) \\
u(x_1, y_1, z_1) + (1 - u)(x_6, y_6, z_6) &= \mathbf{P}(x_{16}, y_{16}, z_{16}) \quad (2.9)
\end{aligned}$$

dengan $0 \leq t \leq 1$ sehingga didapatkan bidang segi enam $K_1', K_2', K_3', K_4', K_5', K_6'$.

3. Menginterpolasi segmen-segmen garis pada bidang alas dan bidang atas prisma sehingga didapatkan enam bidang segi enam dengan persamaan

$$\begin{aligned}
\mathbf{S}_{K_1K_2K_1'K_2'}(u, v) &= v\overrightarrow{K_1K_2}(u) + (1 - v)\overrightarrow{K_1'K_2'}(u) \\
\mathbf{S}_{K_2K_3K_2'K_3'}(u, v) &= v\overrightarrow{K_2K_3}(u) + (1 - v)\overrightarrow{K_2'K_3'}(u) \\
\mathbf{S}_{K_3K_4K_3'K_4'}(u, v) &= v\overrightarrow{K_3K_4}(u) + (1 - v)\overrightarrow{K_3'K_4'}(u) \\
\mathbf{S}_{K_4K_5K_4'K_5'}(u, v) &= v\overrightarrow{K_4K_5}(u) + (1 - v)\overrightarrow{K_4'K_5'}(u) \\
\mathbf{S}_{K_5K_6K_5'K_6'}(u, v) &= v\overrightarrow{K_5K_6}(u) + (1 - v)\overrightarrow{K_5'K_6'}(u) \\
\mathbf{S}_{K_1K_6K_1'K_6'}(u, v) &= v\overrightarrow{K_1K_6}(u) + (1 - v)\overrightarrow{K_1'K_6'}(u) \quad (2.10)
\end{aligned}$$

dengan $0 \leq u \leq 1$ dan $0 \leq v \leq 1$; u, v adalah parameter.



Gambar 2.4 Prisma segi enam beraturan

2.4 Transformasi Affine

Matondang, dkk (2020) menyatakan bahwa transformasi geometri meliputi translasi, putaran (rotasi), penskalaan (dilatasi), balikan, shearing, dan gabungan.

Transformasi tersebut dikenal dengan transformasi affine. Berikut merupakan transformasi affine yang meliputi translasi, rotasi, dan dilatasi di ruang.

2.4.1 Translasi di R^3

Misalkan transformasi $T: R^3 \rightarrow R^3$ merupakan pemetaan titik dari $P(x, y, z)$ ke titik bayangannya dengan koordinat $P'(x', y', z')$ sedemikian hingga $T(P) = P'$ atau $P' = T(P)$. Titik $P(x, y, z)$ sebagai titik asal dan titik $P'(x', y', z')$ merupakan posisi setelah titik P digeser. Transformasi dilakukan sejauh (k_1, k_2, k_3) yang merupakan nilai konstanta menunjukkan besarnya pergeseran pada setiap sumbu koordinat. Operasi transformasi bentuk penjumlahan matriks yang digeser sejauh k_1 satuan ke arah sumbu X , k_2 satuan ke arah sumbu Y , dan k_3 satuan ke arah sumbu Z dinyatakan sebagai :

$$(x', y', z') = (x, y, z) + (k_1, k_2, k_3) = (x + k_1, y + k_2, z + k_3) \quad (2.11a)$$

atau

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x + k_1 \\ y + k_2 \\ z + k_3 \end{bmatrix} \quad (2.11b)$$

(Kusno, 2009)

2.4.2 Rotasi

Menurut Roebyanto (2014), rotasi ditentukan oleh pusat rotasi, sudut putar, dan arah putar. Besar sudut sebelum dan sesudah rotasi adalah tetap. Apabila sudut putar rotasi positif, maka arah rotasi berlawanan dengan arah jarum jam serta apabila sudut putar rotasi negatif, maka arah rotasi searah dengan arah jarum jam.

Apabila θ menunjukkan besarnya sudut rotasi yang bertitik pangkal $O(0,0,0)$, maka rotasi terhadap sumbu- x , sumbu- y , dan sumbu- z dapat dituliskan dalam bentuk matriks sebagai berikut.

a. Rotasi terhadap sumbu- x :

$$B_1 \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

b. Rotasi terhadap sumbu-y :

$$B_2$$

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

c. Rotasi terhadap sumbu-z :

$$B_3$$

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

Dalam hal ini, matriks B_1, B_2, B_3 merupakan matriks koefisien yang bersesuaian dengan transformasi rotasi.

2.4.3 Dilatasi

Dilatasi merupakan suatu transformasi yang mengubah ukuran dengan memperbesar atau memperkecil suatu bangun, namun tidak mengubah bentuk bangun yang bersangkutan. Faktor dilatasi dinotasikan dengan huruf kecil, misalnya k (Roebyanto, 2014). Formula transformasi dilatasi yang memetakan titik $P(x, y, z)$ ke $P'(x', y', z')$ adalah sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 x \\ k_2 y \\ k_3 z \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

dengan k_1, k_2, k_3 adalah bilangan real.

Pemilihan harga k_1 menyajikan skala ke arah sumbu-x, k_2 ke arah sumbu-y dan k_3 ke arah sumbu-z, apabila $k_1 = k_2 = k_3$, maka peta obyek yang diperoleh sebangun dengan obyek aslinya (mungkin diperbesar, diperkecil, atau tetap).

(Kusno, 2009)

2.5 Penyajian Lingkaran di R^3

Lingkaran dapat didefinisikan sebagai kumpulan titik di dalam suatu bidang yang berjarak sama ke satu titik tetap. Titik tetap disebut dengan pusat lingkaran dan jarak yang sama disebut sebagai jari-jari lingkaran (Slamet, 2018). Misalkan diberikan sembarang titik $A(x, y, z)$ pada lingkaran dengan pusat $O(0,0,0)$ dan

berjari-jari r (Gambar 2.5a), maka bentuk persamaan lingkarannya sebagai berikut.

- a. Lingkaran pada bidang XOY

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

- b. Lingkaran pada bidang XOZ

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

- c. Lingkaran pada bidang YOZ

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

Selanjutnya, untuk lingkaran dengan pusat $B(a, b, c)$ dengan jari-jari r dan sejajar bidang kartesius (Gambar 2.5b), persamaannya sebagai berikut.

- a. Lingkaran sejajar bidang XOY

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

- b. Lingkaran sejajar bidang XOZ

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

- c. Lingkaran pada 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 $P(x, y, z)$, jari-jari r , dan sejajar dengan bidang XOY .

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

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

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

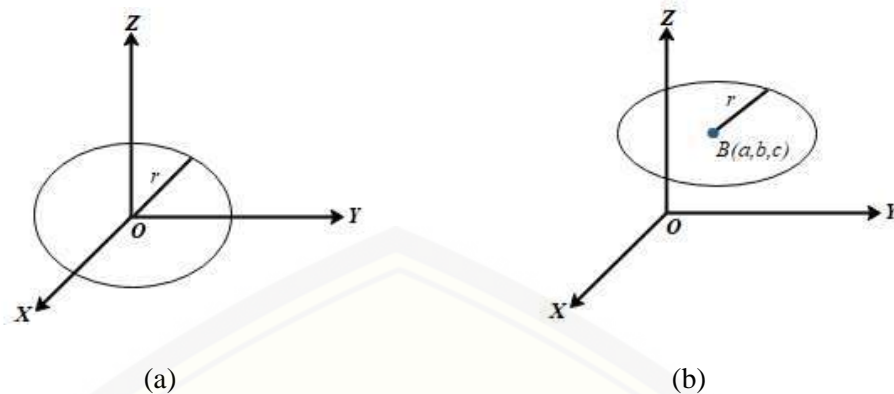
$$L(\theta) = \langle x + r \cos \theta, y, z + r \sin \theta \rangle \quad (2.23)$$

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

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

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

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



(a) Lingkaran dengan pusat $O(0,0,0)$; (b) Lingkaran dengan pusat $B(a,b,c)$

Gambar 2.5 Penyajian bidang lingkaran di ruang

2.6 Penyajian Tabung

Menurut Zammilah (2012), tabung atau silinder merupakan bangun ruang sisi lengkung yang mempunyai bidang alas dan bidang atas kongruen dan sejajar dan berbentuk lingkaran. Sisi lengkung dari tabung disebut sebagai selimut tabung. Misalkan diketahui tabung dengan titik pusat alas $P_1(x_1, y_1, z_1)$, jari-jari r , dan tinggi t , maka persamaan parametrik tabung dapat dicari dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Jika bidang alas terletak pada bidang $z = z_1$ dan sumbu pusat tabung sejajar dengan sumbu- z , maka langkah-langkah untuk mendapatkan persamaan parametriknya adalah sebagai berikut (Gambar 2.6a).

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

$$L(\theta) = \langle r \cos \theta + x_1, r \sin \theta + y_1, z_1 \rangle \quad (2.25)$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$, dan r adalah konstanta real.

- b. Mentranslasikan lingkaran dari persamaan parametrik lingkaran yang telah didapat sehingga terbentuk persamaan parametrik tabung :

$$T(\theta) = \langle r \cos \theta + x_1, r \sin \theta + y_1, z \rangle \quad (2.26)$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $z_1 \leq z \leq z_1 + t$; x_1, y_1, z_1, r adalah konstanta real.

2. Jika bidang alas terletak pada bidang $x = x_1$ dan sumbu pusat tabung sejajar dengan sumbu- x , maka untuk mendapatkan persamaan parametriknya dapat dilakukan dengan mengulangi langkah pada butir a dan didapatkan persamaan (Gambar 2.6b)

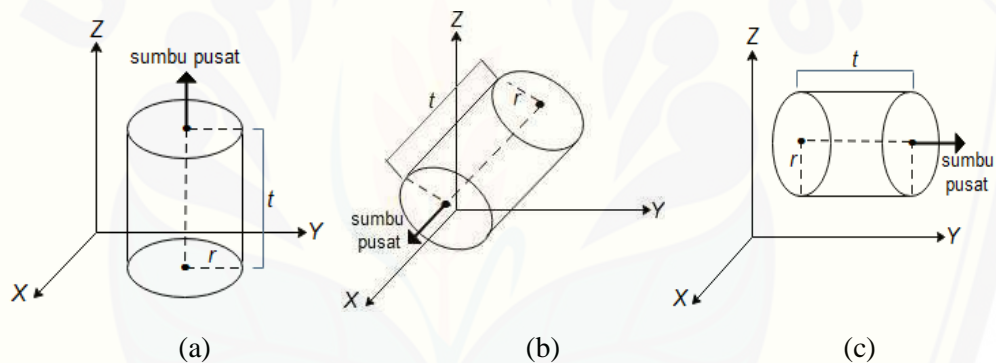
$$T(\theta) = \langle x, y_1 + r \cos \theta, z_1 + r \sin \theta \rangle$$

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $x_1 \leq x \leq x_1 + t$; x_1, y_1, z_1, r adalah konstanta real.

3. Jika bidang alas terletak pada bidang $y = y_1$ dan sumbu pusat tabung sejajar dengan sumbu- y , maka untuk mendapatkan persamaan parametriknya dapat dilakukan dengan mengulangi langkah pada butir a dan didapatkan persamaan (Gambar 2.6c)

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

dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi$ dan $y_1 \leq y \leq y_1 + t$; x_1, y_1, z_1, r adalah konstanta real.



(a) Sumbu pusat tabung sejajar sumbu- z ; (b) Sumbu pusat tabung sejajar sumbu- x ; (c) Sumbu pusat tabung sejajar sumbu- y

Gambar 2.6 Penyajian tabung

2.7 Penyajian Kurva Bezier

Enterprise (2017) menyatakan bahwa kurva Bezier merupakan garis yang dibentuk oleh dua titik yang kemudian dapat dilengkungkan melalui titik-titik kontrol yang terdapat dalam titik-titik pembentuk garis tersebut. Bentuk parametrik kurva Bezier derajat- n dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$C(t) = \sum_{i=0}^n P_i B_i^n(t) \tag{2.29}$$

dan $0 \leq t \leq 1$, dengan:

$$B_i^n(t) = C_i^n (1-t)^{n-i} \cdot t^i, t \in [0,1]$$

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

P_i = koefisien geometrik atau titik tetap dan kontrol kurva $C(t)$

(Kusno, 2009)

Berikut merupakan persamaan parametrik untuk kurva Bezier derajat 2 dan 3

a) Persamaan parametrik untuk $n = 2$ menghasilkan kurva Bezier kuadratik dihasilkan sebagai berikut :

$$C(t) = P_0(1-t)^2 + P_1(2t(1-t)) + P_2t^2 \quad (2.30a)$$

$$= \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} (1-t)^2 + \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} (2t(1-t)) + \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} t^2 \quad (2.30b)$$

$$C(t) = \langle (x_0(1-t)^2 + x_1(2t(1-t)) + x_2t^2), (y_0(1-t)^2 + y_1(2t(1-t)) + y_2t^2), (z_0(1-t)^2 + z_1(2t(1-t)) + z_2t^2) \rangle \quad (2.30c)$$

b) Persamaan parametrik untuk $n = 3$ menghasilkan kurva Bezier berderajat 3 sebagai berikut :

$$C(t) = P_0(1-t)^3 + P_1(3t(1-t)^2) + P_2(3t^2(1-t)) + P_3t^3 \quad (2.31a)$$

$$= \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} (1-t)^3 + \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} (3t(1-t)^2) + \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} (3t^2(1-t)) + \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{pmatrix} t^3 \quad (2.31b)$$

$$C(t) = \langle (x_0(1-t)^3 + x_1(3t(1-t)^2) + x_2(3t^2(1-t)) + x_3t^3), (y_0(1-t)^3 + y_1(3t(1-t)^2) + y_2(3t^2(1-t)) + y_3t^3), (z_0(1-t)^3 + z_1(3t(1-t)^2) + z_2(3t^2(1-t)) + z_3t^3) \rangle \quad (2.31c)$$

c) Persamaan parametrik untuk $n = 4$ menghasilkan kurva Bezier berderajat 4 sebagai berikut :

$$C(t) = P_0(1-t)^4 + P_1(4t(1-t)^3) + P_2(6t^2(1-t)^2) + P_3(4t^3(1-t)) + P_4t^4 \quad (2.32a)$$

$$\begin{aligned}
&= \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} (1-t)^4 + \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} (4t(1-t)^3) + \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} (6t^2(1-t)^2) \\
&\quad + \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{pmatrix} (4t^3(1-t)) + \begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \\ z_4 \end{pmatrix} t^4 \tag{2.32b}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{C}(t) = \langle &(x_0(1-t)^4 + x_1(4t(1-t)^3) + x_2(6t^2(1-t)^2) + x_3(4t^3(1-t) \\
&t) + x_4t^4), (y_0(1-t)^4 + y_1(4t(1-t)^3) + y_2(6t^2(1-t)^2) + \\
&y_3(4t^3(1-t)) + y_4t^4), (z_0(1-t)^4 + z_1(4t(1-t)^3) + z_2(6t^2(1-t)^2) + \\
&z_3(4t^3(1-t)) + z_4t^4) \rangle \tag{2.32c}
\end{aligned}$$

- d) Persamaan parametrik untuk $n = 5$ menghasilkan kurva Bezier berderajat 5 sebagai berikut :

$$\mathbf{C}(t) = \mathbf{P}_0(1-t)^5 + \mathbf{P}_1(5t(1-t)^4) + \mathbf{P}_2(10t^2(1-t)^3) + \mathbf{P}_3(10t^3(1-t)^2) + \mathbf{P}_4(5t^4(1-t)) + \mathbf{P}_5t^5 \tag{2.33a}$$

$$\begin{aligned}
&= \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} (1-t)^5 + \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} (5t(1-t)^4) + \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} (10t^2(1-t)^3) + \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{pmatrix} \\
&\quad (10t^3(1-t)^2) + \begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \\ z_4 \end{pmatrix} (5t^4(1-t)) + \begin{pmatrix} x_5 \\ y_5 \\ z_5 \end{pmatrix} t^5 \tag{2.33b}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{C}(t) = \langle &(x_0(1-t)^5 + x_1(5t(1-t)^4) + x_2(10t^2(1-t)^3) + x_3(10t^3(1-t) \\
&t)^2) + x_4(5t^4(1-t)) + x_5t^5), (y_0(1-t)^5 + y_1(5t(1-t)^4) + \\
&y_2(10t^2(1-t)^3) + y_3(10t^3(1-t)^2) + y_4(5t^4(1-t)) + y_5t^5), (z_0(1-t) \\
&t)^5 + z_1(5t(1-t)^4) + z_2(10t^2(1-t)^3) + z_3(10t^3(1-t)^2) + \\
&z_4(5t^4(1-t)) + z_5t^5) \rangle \tag{2.33c}
\end{aligned}$$

- e) Persamaan parametrik untuk $n = 6$ menghasilkan kurva Bezier berderajat 6 sebagai berikut :

$$\mathbf{C}(t) = \mathbf{P}_0(1-t)^6 + \mathbf{P}_1(6t(1-t)^5) + \mathbf{P}_2(15t^2(1-t)^4) + \mathbf{P}_3(20t^3(1-t)^3) + \mathbf{P}_4(15t^4(1-t)^2) + \mathbf{P}_5(6t^5(1-t)) + \mathbf{P}_6t^6 \tag{2.34a}$$

$$\begin{aligned}
&= \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} (1-t)^6 + \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} (6t(1-t)^5) + \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} (15t^2(1-t)^4) \\
&\quad + \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{pmatrix} (20t^3(1-t)^3) + \begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \\ z_4 \end{pmatrix} (15t^4(1-t)^2) \\
&\quad + \begin{pmatrix} x_5 \\ y_5 \\ z_5 \end{pmatrix} (6t^5(1-t)) + \begin{pmatrix} x_6 \\ y_6 \\ z_6 \end{pmatrix} t^6 \tag{2.34b}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{C}(t) = & \langle (x_0(1-t)^6 + x_1(6t(1-t)^5) + x_2(15t^2(1-t)^4) + x_3(20t^3(1-t)^3) + x_4(15t^4(1-t)^2) + x_5(6t^5(1-t)) + x_6t^6), \\
& (y_0(1-t)^6 + y_1(6t(1-t)^5) + y_2(15t^2(1-t)^4) + y_3(20t^3(1-t)^3) + y_4(15t^4(1-t)^2) + y_5(6t^5(1-t)) + y_6t^6), \\
& (z_0(1-t)^6 + z_1(6t(1-t)^5) + z_2(15t^2(1-t)^4) + z_3(20t^3(1-t)^3) + z_4(15t^4(1-t)^2) + z_5(6t^5(1-t)) + z_6t^6) \rangle \tag{2.34c}
\end{aligned}$$

2.8 Penyajian Kurva Hermit di R^3

Menurut Kusno (2009), kurva Hermit kubik dapat dinyatakan dengan bentuk sebagai berikut (Gambar 2.7) :

$$\mathbf{p}(u) = \mathbf{p}(0)H_1(u) + \mathbf{p}(1)H_2(u) + \mathbf{p}^u(0)H_3(u) + \mathbf{p}^u(1)H_4(u) \tag{2.35}$$

dengan

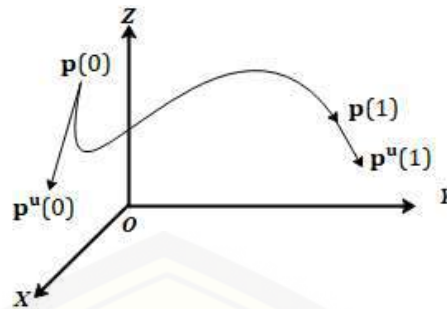
$$H_1(u) = (2u^3 - 3u^2 + 1),$$

$$H_2(u) = (-2u^3 + 3u^2),$$

$$H_3(u) = (u^3 - 2u^2 + u),$$

$$H_4(u) = (u^3 - u^2).$$

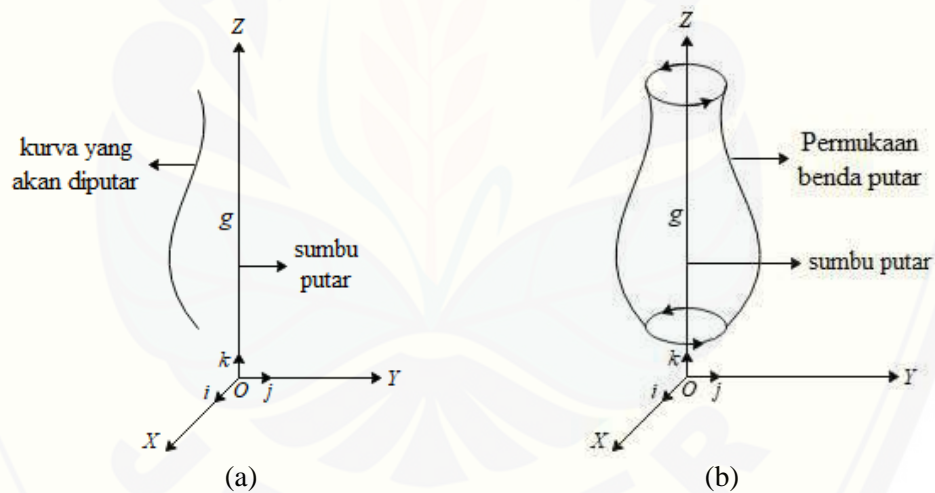
dimana $\mathbf{p}(0)$, $\mathbf{p}(1)$, $\mathbf{p}^u(0)$, $\mathbf{p}^u(1)$ disebut koefisien geometris. $\mathbf{p}(0)$ sebagai titik awal kurva, $\mathbf{p}(1)$ sebagai titik akhir kurva serta $\mathbf{p}^u(0)$ sebagai vektor singgung di $\mathbf{p}(0)$ dan $\mathbf{p}^u(1)$ sebagai vektor singgung di $\mathbf{p}(1)$ dengan $0 \leq u \leq 1$. Basis hermitnya adalah fungsi-fungsi $H_1(u)$, $H_2(u)$, $H_3(u)$, $H_4(u)$.



Gambar 2.7 Kurva Hermit

2.9 Permukaan Putar

Kusno (2009) menyatakan bahwa permukaan putar merupakan suatu permukaan yang dibangkitkan oleh suatu kurva ruang C , dimana C sebagai generatrix dan diputar mengitari sumbu putar g yang disebut sebagai sumbu putar (Gambar 2.8).



(a) Kurva sebelum diputar; (b) Permukaan kurva setelah diputar

Gambar 2.8 Permukaan putar

Misalkan $C_x(u)$, $C_y(u)$, dan $C_z(u)$ menyatakan komponen-komponen skalar dari kurva generatrix $C(t)$, maka permukaan putar yang dibangkitkan oleh kurva $C(t)$ tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut.

- a. Jika kurva generatrix $C(t)$ terletak pada bidang YOZ dan sumbu putar OZ , maka persamaan parametrik permukaan putar dapat dicari dengan langkah-langkah sebagai berikut (Gambar 2.9a).

1. Tentukan persamaan parametrik kurva $C(t)$, yaitu:

$$C(t) = \langle C_x(t), C_y(t), C_z(t) \rangle \quad (2.36)$$

dengan $0 \leq t \leq 1$.

2. Putar kurva $C(t)$ terhadap sumbu putar OZ , maka terbentuk sebuah permukaan putar dengan persamaan parametrik:

$$S(t, \theta) = \langle C_x(t) \cos \theta, C_y(t) \sin \theta, C_z(t) \rangle \quad (2.37)$$

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

- b. Jika kurva generatrix $C(t)$ terletak pada bidang YOZ dan sumbu putar OY , maka persamaan parametrik permukaan putar dapat dicari dengan mengikuti langkah pada butir a sehingga didapat persamaan (Gambar 2.9b) :

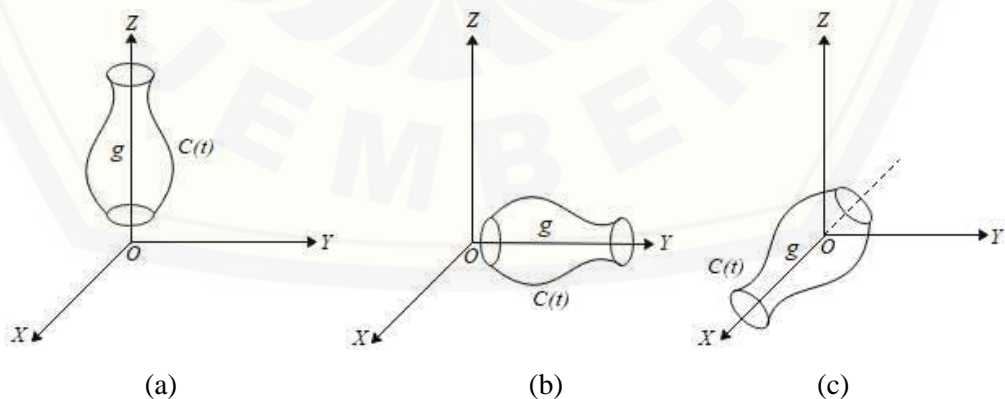
$$S(t, \theta) = \langle C_x(t) \cos(\theta), C_y(t), C_z(t) \sin \theta \rangle \quad (2.38)$$

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

- c. Jika kurva generatrix $C(t)$ terletak pada bidang XOZ dan sumbu putar OX , maka persamaan parametrik permukaan putar dapat dicari dengan mengikuti langkah pada butir a sehingga didapat persamaan (Gambar 2.9c) :

$$S(t, \theta) = \langle C_x(t), C_y(t) \cos \theta, C_z(t) \sin \theta \rangle \quad (2.39)$$

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 2.9 Permukaan putar kurva $C(t)$

2.10 Konstruksi Objek Dasar Geometri pada Program Maple 18

Subbab ini akan menyajikan beberapa contoh penyajian objek-objek dasar geometri dengan menggunakan *software* Maple 18. Berikut merupakan contoh pemrogramannya.

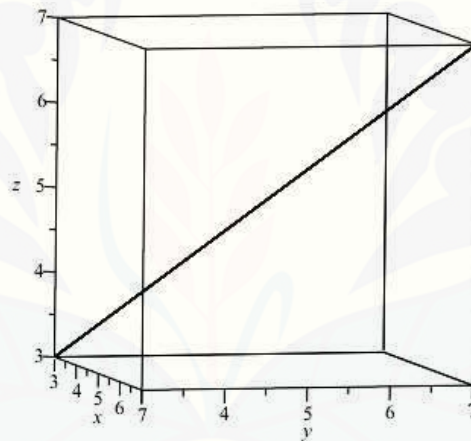
2.10.1 Penyajian segmen garis di ruang

Segmen garis dapat dikonstruksi pada Maple 18 dengan memberikan nilai (x_1, y_1, z_1) dan (x_2, y_2, z_2) sebagai posisi titik ujung segmen garis di ruang. Misalkan akan dibuat segmen garis \overline{PQ} (Gambar 2.10) dengan titik-titik ujungnya yaitu $P(3,3,3)$ dan $Q(7,7,7)$ menggunakan *script* Maple 18 berikut.

```

pq := plot3d([3 + u*(7 - 3), 3 + u*(7 - 3), 3 + u*(7 - 3)], u = 0..1, v = 0..1) :
display(pq, labels = [x, y, z]);

```



Gambar 2.10 Penyajian segmen garis di ruang pada Maple 18

2.10.2 Penyajian interpolasi

Misalkan akan menginterpolasi dua segmen garis dengan panjang sisi bawah dengan panjang sisi masing-masing 10 dan 5 *cm* maka hasil interpolasi pada Maple 18 dapat dilihat pada Gambar (2.11). Interpolasi kedua yaitu interpolasi dengan variasi lengkungan kurva Bezier yang dapat dilihat pada Gambar (2.12). *Script* Maple 18 untuk interpolasi tersebut adalah sebagai berikut :

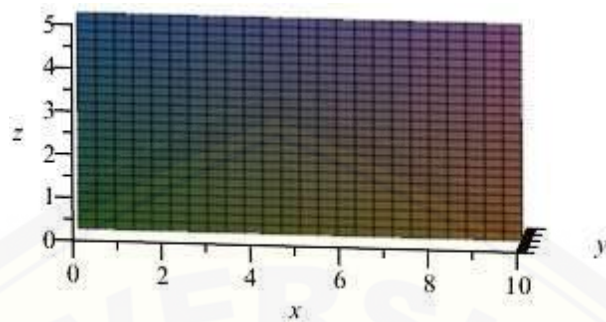
Script untuk interpolasi dua segmen garis pada Maple 18 :

```

> t1 := 0 : t2 := 5 :
> x1 := u*0 + (1-u)*(10) :      y1 := u*(0) + (1-u)*(0) :      z1 := u*t1 + (1-u)
  *t1 :

```

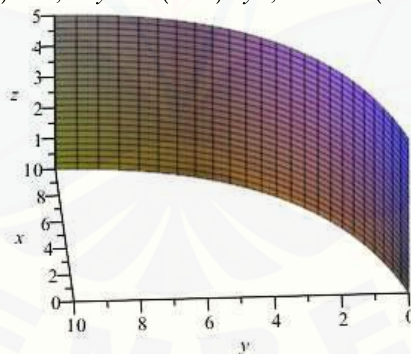
```
> x2 := u*0 + (1-u)*(10) :      y2 := u*(0) + (1-u)*(0) :      z2 := u*t2 + (1-u)
    *t2 :
> a1 := plot3d([v*x1 + (1-v)*x2, v*y1 + (1-v)*y2, v*z1 + (1-v)*z2], u = 0..1, v = 0..1) :
```



Gambar 2.11 Interpolasi dua segmen garis

Script untuk interpolasi dengan variasi lengkungan kurva Bezier pada Maple 18 :

```
> t1 := 0 : t2 := 5 :
> p := 2 :
> x1 := ((0)*(1-u)^2 + (10)*2*(1-u)*u + (10)*u^2) : y1 := ((0)*(1-u)^2 + (p)*2
    *(1-u)*u + (10)*u^2) : z1 := (t1*(1-u)^2 + t1*2*(1-u)*u + t1*u^2) :
> x2 := ((0)*(1-u)^2 + (10)*2*(1-u)*u + (10)*u^2) : y2 := ((0)*(1-u)^2 + (p)*2
    *(1-u)*u + (10)*u^2) : z2 := (t2*(1-u)^2 + t2*2*(1-u)*u + t2*u^2) :
> b := plot3d([v*x1 + (1-v)*x2, v*y1 + (1-v)*y2, v*z1 + (1-v)*z2], u = 0..1, v = 0..1) :
```



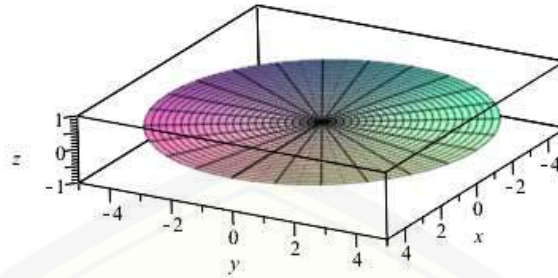
Gambar 2.12 Interpolasi dua segmen garis dengan variasi lengkungan

2.10.3 Penyajian lingkaran di ruang

Lingkaran dapat dikonstruksi pada Maple 18 dengan memberikan nilai r sebagai jari-jari lingkaran, dan (x, y, z) sebagai titik pusat lingkaran. Misalkan akan dibuat lingkaran (Gambar 2.13) dengan koordinat titik pusat $P(0,0,0)$ dan jari-jari 5 cm menggunakan script Maple 18 berikut.

```
lingkaran := plot3d([0 + r*cos(u), 0 + r*sin(u), 0], r = 0..5, u = 0..2*Pi) :
```

```
display(lingkaran, labels = [x, y, z], scaling = constrained);
```

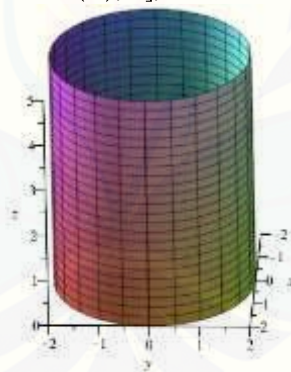


Gambar 2.13 Penyajian lingkaran di ruang pada Maple 18

2.10.4 Penyajian Tabung

Tabung dapat dikonstruksi menggunakan Maple 18 dengan menetapkan titik pusat, jari-jari dan tinggi tabung pada persamaan parametriknya. Misalkan akan dibuat tabung dengan titik pusat $P(0,0,0)$, jari-jari 2 cm, dan tinggi 5 cm (Gambar 2.14) menggunakan *script* Maple 18 berikut.

```
t := plot3d([0 + 2*cos(u), 0 + 2*sin(u), v], u = 0 .. 2*Pi, v = 0 .. 5) :
```



Gambar 2.14 Penyajian tabung pada Maple 18

2.10.5 Kurva Bezier

Kurva Bezier dapat dikonstruksi menggunakan Maple 18 dengan memberikan nilai-nilai untuk titik tetap dan titik kontrolnya. Berikut contoh dari beberapa kurva Bezier (Gambar 2.15).

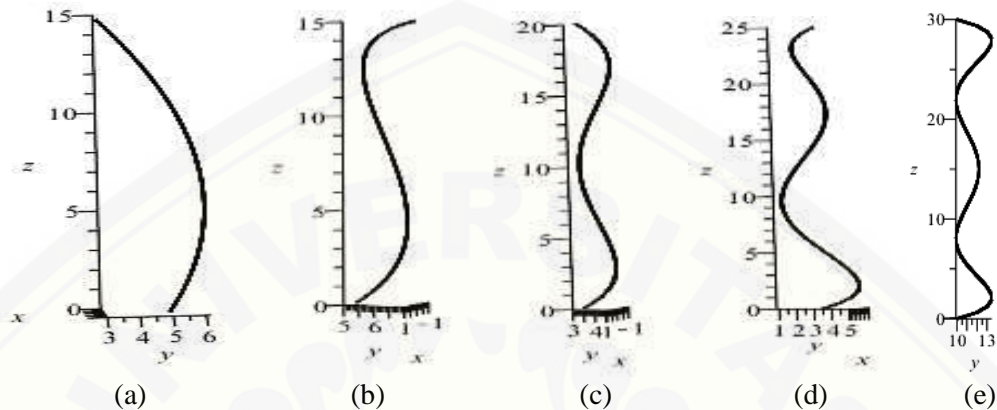
Script Maple 18 untuk kurva Bezier derajat dua (Gambar 2.16a) :

```
p0x := 0 : p0y := 3 : p0z := 15 :  
p1x := 0 : p1y := 8 : p1z := 7 :  
p2x := 0 : p2y := 5 : p2z := 0 :
```

```

bx1 := (1 - u)^2 · p0x + (2 · (1 - u) · u) · p1x + u^2 · p2x :
by1 := (1 - u)^2 · p0y + (2 · (1 - u) · u) · p1y + u^2 · p2y :
bz1 := (1 - u)^2 · p0z + (2 · (1 - u) · u) · p1z + u^2 · p2z :
a1 := plot3d([bx1, by1, bz1], u = 0 .. 1, v = 0 .. 2 · Pi) :
display(a1, axes = frame, scaling = constrained, labels = [x, y, z]);

```



(a) Kurva Bezier derajat 2; (b) Kurva Bezier derajat 3; (c) Kurva Bezier derajat 4;
(d) Kurva Bezier derajat 5; (e) Kurva Bezier derajat 6

Gambar 2.15 Penyajian kurva Bezier pada Maple 18

2.10.6 Kurva Hermit

Kurva Hermit dapat dikonstruksi menggunakan Maple 18 dengan memberikan nilai-nilai untuk titik tetap dan titik kontrolnya. Berikut contoh penyajian kurva Hermit menggunakan *script* Maple 18 (Gambar 2.16) :

```

p0x := 0 : p0y := 3 : p0z := 18 :
p1x := 0 : p1y := 4 : p1z := 23 :
p2x := 0 : p2y := 0 : p2z := 23 :
k1 := 1 - u^2 :
k2 := u^2 :
k3 := u - u^2 :
a4 := plot3d([(k1 · p0x + k2 · p1x + k3 · p2x), (k1 · p0y + k2 · p1y + k3 · p2y), k1 · p0z + k2 · p1z
+ k3 · p2z], u = 0 .. 1, v = 0 .. 2 · Pi, labels = [x, y, z]) :
display(a4, axes = frame, scaling = constrained);

```



(a) Kurva Hermit derajat 2; (b) Kurva Hermit derajat 3

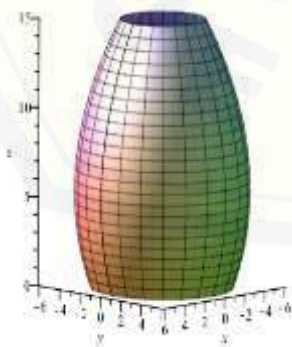
Gambar 2.16 Penyajian kurva Hermit pada Maple 18

2.10.7 Penyajian permukaan putar kurva Bezier

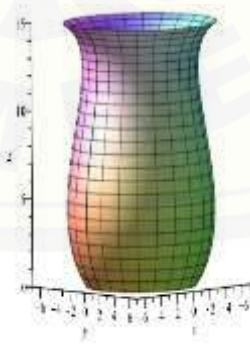
Permukaan putar kurva Bezier dapat dikonstruksi menggunakan Maple 18 dengan menentukan titik tetap, titik kontrol, dan sumbu putarnya. Berikut beberapa contoh permukaan putar kurva Bezier (Gambar 2.17).

Script Maple 18 permukaan putar kurva Bezier derajat 2 (Gambar 2.18a):

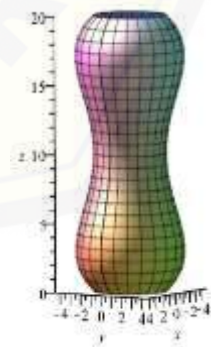
```
p0x := 3 : p0y := 3 : p0z := 15 :
p1x := 8 : p1y := 8 : p1z := 7 :
p2x := 5 : p2y := 5 : p2z := 0 :
bx1 := (1 - u)2 · p0x + (2 · (1 - u) · u) · p1x + u2 · p2x :
by1 := (1 - u)2 · p0y + (2 · (1 - u) · u) · p1y + u2 · p2y :
bz1 := (1 - u)2 · p0z + (2 · (1 - u) · u) · p1z + u2 · p2z :
a1 := plot3d([bx1 · cos(v), by1 · sin(v), bz1], u = 0 .. 1, v = 0 .. 2 · Pi) :
display(a1, axes = frame, scaling = constrained, labels = [x, y, z]);
```



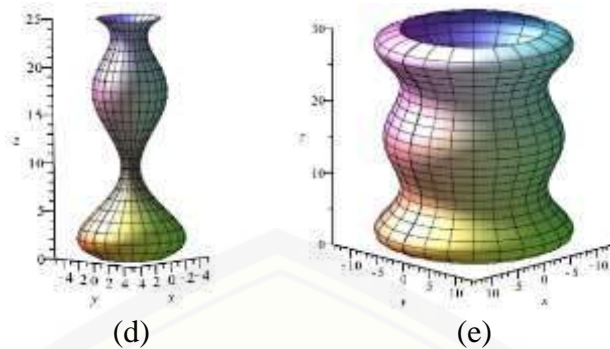
(a)



(b)



(c)



(a) Permukaan Putar Kurva Bezier Berderajat Dua; (b) Permukaan Putar Kurva Bezier Berderajat Tiga; (c) Permukaan Putar Kurva Bezier Berderajat Empat; (d) Permukaan Putar Kurva Bezier Berderajat Lima; (e) Permukaan Putar Kurva Bezier Berderajat Enam

Gambar 2.17 Penyajian permukaan putar kurva Bezier pada Maple 18

2.10.8 Penyajian permukaan putar kurva Hermit

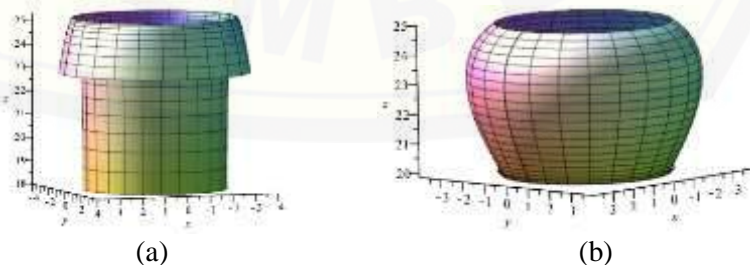
Permukaan putar kurva Hermit dapat dikonstruksi menggunakan Maple 18 dengan menentukan titik tetap, titik kontrol, dan sumbu putarnya. Berikut beberapa contoh permukaan putar kurva Hermit (Gambar 2.18).

Script Maple 18 permukaan putar kurva Hermit derajat 2 (Gambar 2.19a):

```

p0x := 3 : p0y := 3 : p0z := 18 :
p1x := 4 : p1y := 4 : p1z := 23 :
p2x := 0 : p2y := 0 : p2z := 23 :
k1 := 1 - u2 :
k2 := u2 :
k3 := u - u2 :
a4 := plot3d([(k1·p0x + k2·p1x + k3·p2x)·cos(v), (k1·p0y + k2·p1y + k3·p2y)·sin(v), k1
·p0z + k2·p1z + k3·p2z], u = 0 .. 1, v = 0 .. 2·Pi, labels = [x, y, z]) :
display(a4, axes = frame, scaling = constrained);

```



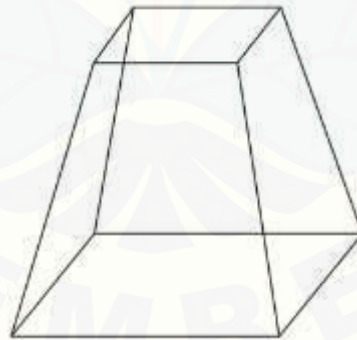
(a) Permukaan Putar Kurva Hermit Berderajat Dua; (b) Permukaan Putar Kurva Hermit Berderajat Tiga;

Gambar 2.18 Penyajian permukaan putar kurva Hermit pada Maple

BAB 3. METODOLOGI

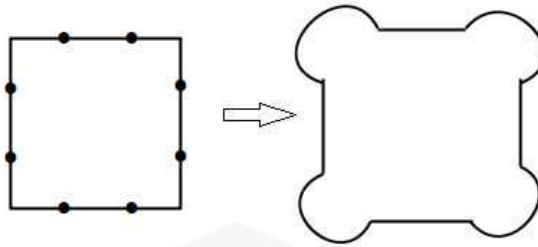
Permasalahan konstruksi tiang penunjuk arah dibagi menjadi lima bagian yaitu modelisasi alas, kaki, penghubung, papan, dan penyangga tiang. Metode penelitian untuk menyelesaikan permasalahan pada subbab 1.2 dan tinjauan pustaka pada bab 2 diuraikan sebagai berikut.

- a. Menentukan data awal berupa tabung, lingkaran, prisma segiempat, prisma segienam, kurva Bezier dan kurva Hermit dengan ketentuan sebagai berikut.
 1. Tabung dengan jari-jari $4 \leq r \leq 15$ dan tinggi $15 \leq t \leq 50$.
 2. Lingkaran dengan jari-jari $5 \leq r \leq 15$.
 3. Prisma segiempat tegak beraturan dengan panjang $10 \leq p \leq 40$ dan tinggi $10 \leq t \leq 30$.
 4. Prisma segienam tegak beraturan dengan panjang $10 \leq p \leq 30$ dan tinggi $10 \leq t \leq 50$.
- b. Modelisasi prisma segiempat beraturan menjadi beberapa variasi.
 1. Mendilatasi tutup atas prisma segiempat dengan faktor skala k (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Deformasi prisma segiempat teknik dilatasi

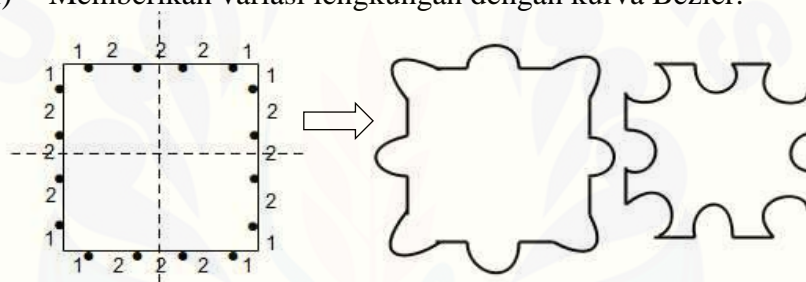
2. Modelisasi prisma segiempat pola bunga lengkungan pojok (Gambar 3.2) dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - (i) Membagi setiap sisi pada masing-masing tutup prisma segiempat menjadi 3 bagian saling kongruen.
 - (ii) Memberikan variasi lengkungan dengan kurva Bezier.



Gambar 3.2 Deformasi prisma segiempat pola bunga lengkung pojok

3. Modelisasi prisma segiempat pola bunga (Gambar 3.3) dengan langkah-langkah sebagai berikut :

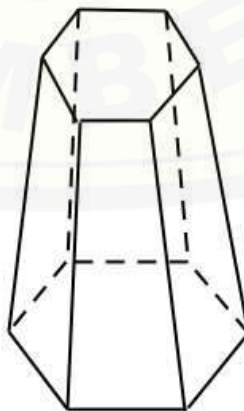
- (i) Membagi setiap sisi tutup prisma menjadi 5 bagian dengan perbandingan panjang bagian setiap sisinya 1: 2: 2: 2: 1.
- (ii) Memberikan variasi lengkungan dengan kurva Bezier.



Gambar 3.3 Pembagian rusuk segiempat dengan perbandingan 1:2:2:2:1

c. Modelisasi prisma segienam beraturan menjadi beberapa variasi.

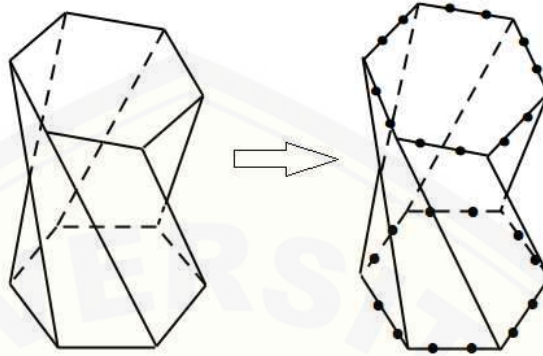
1. Mendilatasi tutup atas prisma segienam dengan faktor skala k (Gambar 3.4).



Gambar 3.4 Deformasi prisma segienam teknik dilatasi

2. Model prisma segienam pola puntiran (Gambar 3.5) dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- (i) Merotasi tutup atas prisma dengan sudut putar θ .



Gambar 3.5 Deformasi prisma segienam teknik memuntir

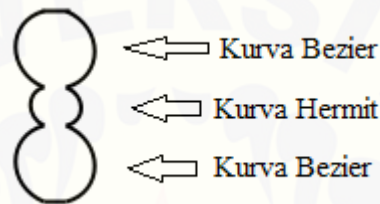
- (ii) Membagi masing-masing sisi pada alas dan tutup atas prisma menjadi 3 bagian saling kongruen.
 (iii) Memberikan variasi lengkungan (Gambar 3.6).



Gambar 3.6 Deformasi bidang segienam pola bunga

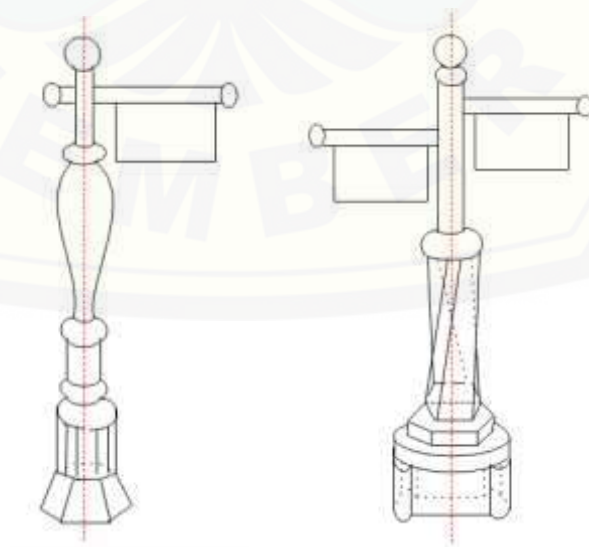
- d. Membangun kurva Bezier berderajat kurang dari atau sama dengan enam (≤ 6), kemudian memutar kurva terhadap sumbu-z.
 e. Membangun kurva Hermit kubik kemudian memutar kurva terhadap sumbu-z.
 f. Modelisasi penggabungan kurva Bezier dan kurva Hermit dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Membangun kurva Bezier berderajat kurang dari atau sama dengan enam (≤ 6), kemudian memutar kurva terhadap sumbu-z.
2. Membangun kurva Hermit kubik kemudian memutar kurva terhadap sumbu-z.
3. Menentukan titik kontrol kurva Hermit sedemikian sehingga sama dengan turunan pertama kurva Bezier.
4. Menggabungkan kurva Hermit diantara setiap sambungan dua kurva Bezier (Gambar 3.7).



Gambar 3.7 Penggabungan kurva Bezier dan kurva Hermit

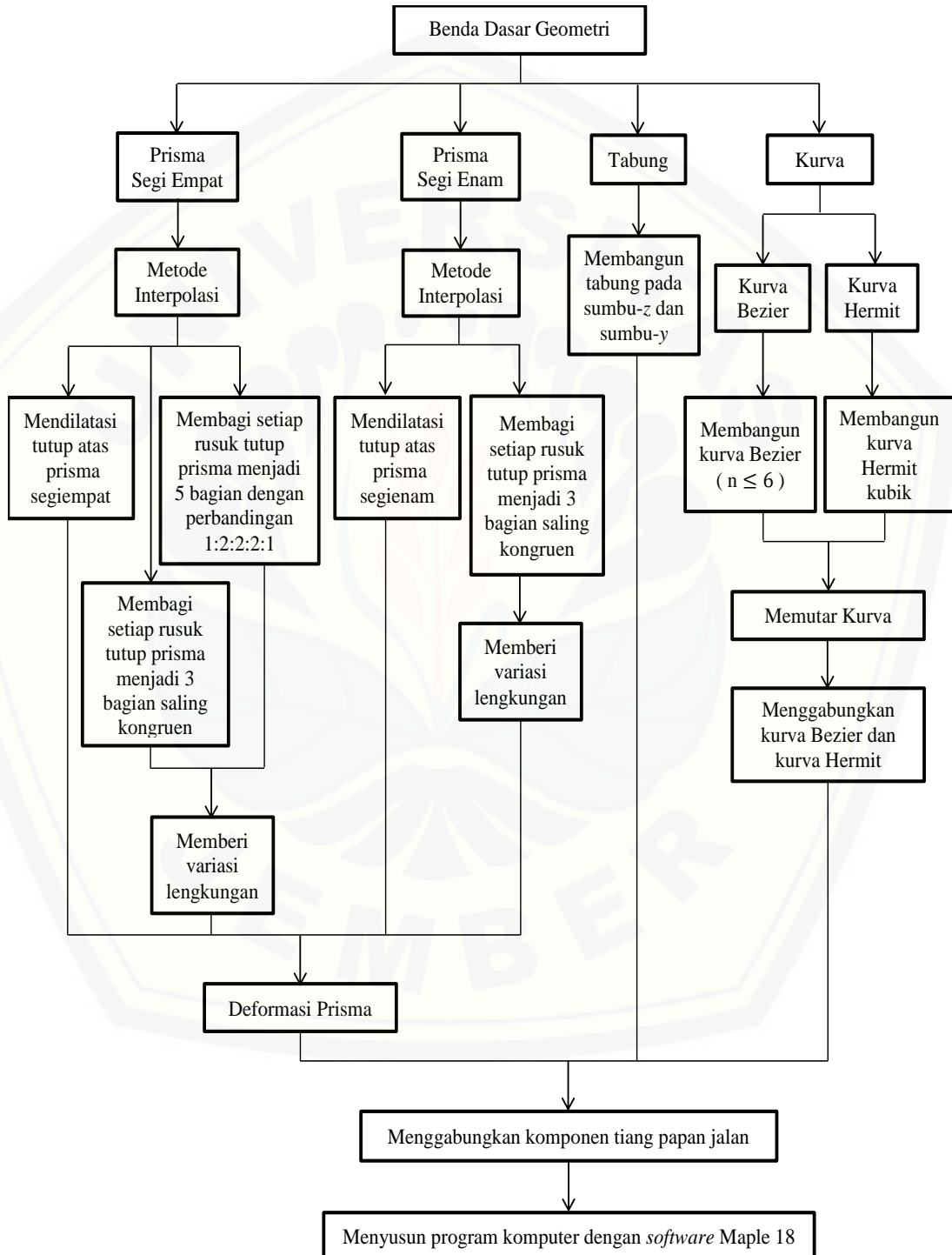
- g. Menggabungkan seluruh komponen tiang penunjuk arah (Gambar 3.8).
1. Membangun sumbu pemodelan untuk menggabungkan benda hasil modelisasi prisma segiempat, prisma segienam, tabung, lingkaran, kurva Bezier dan kurva Hermit.
 2. Mengisi setiap bagian dengan benda-benda hasil deformasi yang bersesuaian.



Gambar 3.8 Penggabungan komponen tiang penunjuk arah

h. Menyusun program dengan menggunakan *software* Maple 18.

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



Gambar 3.9 Skema prosedur modelisasi tiang penunjuk arah

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab 4, diperoleh kesimpulan untuk mendesain tiang penunjuk arah sebagai berikut.

- a. Bagian alas dimodelisasi dengan teknik deformasi dilatasi, interpolasi, dan konstruksi tabung terhadap sumbu-z. Bagian kaki dimodelisasi dengan teknik deformasi dilatasi, interpolasi, dan konstruksi tabung terhadap sumbu-z. Bagian penyangga dimodelisasi dengan teknik deformasi interpolasi, memuntir, dan konstruksi tabung terhadap sumbu-z, sumbu-x, dan sumbu-y. Bagian penghubung dibangun dengan penggabungan kurva Bezier berderajat n dengan $n = 3,4,5,6$ dan kurva Hermit kubik. Bagian papan dimodelisasi dengan teknik deformasi interpolasi.
- b. Hasil modelisasi tiang penunjuk arah divisualisasikan dengan *software* Maple 18.

5.2 Saran

Pada skripsi ini telah diperkenalkan metode modelisasi komponen-komponen tiang penunjuk arah dengan metode deformasi maupun perangkaiannya terhadap sumbu pemodelan sehingga menghasilkan model tiang penunjuk arah yang bervariasi. Diharapkan pada penelitian selanjutnya metode tersebut dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan relief pada penyangga plang sehingga dapat lebih memperindah tampilan tiang penunjuk arah. Selain itu, dapat ditambahkan penggunaan benda geometri yang lebih bervariasi seperti kerucut, bola, dan prisma segi delapan sehingga menghasilkan lebih banyak model tiang penunjuk arah.

DAFTAR PUSTAKA

- Emeralda, M. H. 2018. Modelisasi Tugu dengan Penggabungan Benda Dasar Geometri dan Kurva Bezier. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Enterprise, J. 2017. *HTML 5 Komplet*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Fuat. 2020. *Geometri Datar*. Pasuruan: Lembaga Academic & Research Institue.
- Kusno. 2009. *Geometri Rancang Bangun: Studi tentang Desain dan Pemodelan Benda dengan Kurva dan Permukaan Berbantu Komputer*. Jember: Jember University Press.
- Kusno. 2014. Pengembangan Seni dan Teknik Desain Relief Benda-Benda Industri Kerajinan Onyx dengan Bantuan Kurva Hermit, Bezier dan Natural. *Prosiding Seminar Nasional Matematika*. Denpasar: 6 November 2014. Hal. 85-98.
- Matondang, Z. A., T. Limbong, dan L. Sitorus. 2020. *Pengantar Grafika Komputer*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Putri, N. H. 2018. Modelisasi Piala dengan Penggabungan Hasil Deformasi Benda Geometri Ruang. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jember.
- Roebyanto, G. 2014. *Geometri, Pengukuran dan Statistik*. Malang: Gunung Samudera.
- Slamet, Hw. 2018. *Geometri Analitika Bidang Datar*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Sugianto, E. H. 2018. Modelisasi Tiang Teras Menggunakan Hasil Deformasi Prisma Segienam, Tabung, dan Bola. *Skripsi*. Jember : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Triadi, M. B. F., Bagus, J., dan Firdaus, U. 2020. Aplikasi Kurva Bezier pada Desain Botol Minuman. *Jurnal MIMS*. 20(1): 1-8.
- Wahana, P. N., Bagus, J., dan Firdaus, U. 2020. Modelisasi *Handle* Pintu dengan Penggabungan Kurva Bezier dan Hasil Deformasi Tabung. *Jurnal MIMS*. 20(2): 65-76.
- Zammilah, R. 2012. *Mengenalkan Geometri Ruang*. Jakarta Timur : PT Balai Pustaka (Persero).

LAMPIRAN

restart: with(plots):

Lampiran A. Perhitungan Rotasi Tutup Atas Prisma Segi Enam Beraturan

a. Rotasi $\theta = 30^\circ$

```
A := matrix([[1/2)*sqrt(3), -1/2, 0], [1/2,
(1/2)*sqrt(3), 0], [0, 0, 1]);
```

b. Rotasi $\theta = 60^\circ$

```
A := matrix([[1/2, -1/2*sqrt(3), 0], [1/2*sqrt(3), 1/2, 0],
[0, 0, 1]);
```

c. Rotasi $\theta = 90^\circ$

```
A := matrix([[0, -1, 0], [1, 0, 0], [0, 0, 1]);
```

```
with(linalg);
```

```
K1 := matrix([[-4.5], [-4.5*sqrt(3)], [t2]]); multiply(A,
K1);
```

```
p1 := matrix([[-1.5], [-4.5*sqrt(3)], [t2]]); multiply(A,
p1);
```

```
K2 := matrix([[4.5], [-4.5*sqrt(3)], [t2]]); multiply(A,
K2);
```

```
p2 := matrix([[1.5], [-4.5*sqrt(3)], [t2]]); multiply(A,
p2);
```

```
p3 := matrix([[6], [-3*sqrt(3)], [t2]]); multiply(A, p3);
```

```
K3 := matrix([[9], [0], [t2]]); multiply(A, K3);
```

```
p4 := matrix([[7.5], [-1.5*sqrt(3)], [t2]]); multiply(A,
p4);
```

```
p5 := matrix([[7.5], [1.5*sqrt(3)], [t2]]); multiply(A,
p5);
```

```
p6 := matrix([[6], [3*sqrt(3)], [t2]]); multiply(A, p6);
```

```
K4 := matrix([[4.5], [4.5*sqrt(3)], [t2]]); multiply(A,
K4);
```

```
p7 := matrix([[1.5], [4.5*sqrt(3)], [t2]]); multiply(A,
p7);
```

Lampiran B. Deformasi Prisma Segi Empat

B.1 Dilatasi Tutup Atas

```
t1 := 0; t2 := 10;
```

```
x1 := 20*u+(1-u)*(-20); y1 := 20*u+(1-u)*20; z1 := u*t1+(1-
u)*t1;
```

```
x2 := 15*u+(1-u)*(-15); y2 := 15*u+(1-u)*15; z2 := u*t2+(1-
u)*t2;
```

```
x3 := 20*u+(1-u)*(-20); y3 := -20*u+(1-u)*(-20); z3 :=
u*t1+(1-u)*t1;
```

```

x4 := 15*u+(1-u)*(-15); y4 := -15*u+(1-u)*(-15); z4 :=
u*t2+(1-u)*t2;
x5 := 20*u+(1-u)*20; y5 := -20*u+(1-u)*20; z5 := u*t1+(1-
u)*t1;
x6 := 15*u+(1-u)*15; y6 := -15*u+(1-u)*15; z6 := u*t2+(1-
u)*t2;
x7 := -20*u+(1-u)*(-20); y7 := -20*u+(1-u)*20; z7 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x8 := -15*u+(1-u)*(-15); y8 := -15*u+(1-u)*15; z8 :=
u*t2+(1-u)*t2;
x9 := 20*u+(1-u)*(-20); y9 := -20*u+(1-u)*(-20); z9 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x10 := 20*u+(1-u)*(-20); y10 := 20*u+(1-u)*20; z10 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x11 := 15*u+(1-u)*(-15); y11 := -15*u+(1-u)*(-15); z11 :=
u*t2+(1-u)*t2;
x12 := 15*u+(1-u)*(-15); y12 := 15*u+(1-u)*15; z12 :=
u*t2+(1-u)*t2;

a1 := plot3d([v*x1+(1-v)*x2, v*y1+(1-v)*y2, v*z1+(1-v)*z2],
u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
a2 := plot3d([v*x3+(1-v)*x4, v*y3+(1-v)*y4, v*z3+(1-v)*z4],
u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
a3 := plot3d([v*x5+(1-v)*x6, v*y5+(1-v)*y6, v*z5+(1-v)*z6],
u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
a4 := plot3d([v*x7+(1-v)*x8, v*y7+(1-v)*y8, v*z7+(1-v)*z8],
u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
a5 := plot3d([v*x9+(1-v)*x10, v*y9+(1-v)*y10, v*z9+(1-
v)*z10], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
a6 := plot3d([v*x11+(1-v)*x12, v*y11+(1-v)*y12, v*z11+(1-
v)*z12], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
display(a1, a2, a3, a4, a5, a6, labels = [x, y, z], scaling
= constrained, axes = frame, style = surface);

```

B.2 Prisma Segi Empat Pola Bunga Lengkung Pojok

```

t1 := 0; t2 := 20;
xa1 := 12*u+(1-u)*12; ya1 := -4*u+(1-u)*4; za1 :=
u*t1+t1*(1-u);
xa2 := 12*u+(1-u)*12; ya2 := -4*u+(1-u)*4; za2 :=
u*t2+t2*(1-u);
ba1 := plot3d([v*xa1+(1-v)*xa2, v*ya1+(1-v)*ya2, v*za1+(1-
v)*za2], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"MediumSpringGreen");

```

```

xa3 := 4*u+(1-u)*(-4); ya3 := 12*u+(1-u)*12; za3 :=
u*t1+t1*(1-u);
xa4 := 4*u+(1-u)*(-4); ya4 := 12*u+(1-u)*12; za4 :=
u*t2+t2*(1-u);
ba2 := plot3d([v*xa3+(1-v)*xa4, v*ya3+(1-v)*ya4, v*za3+(1-
v)*za4], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"MediumSpringGreen");
xb5 := -12*u+(1-u)*(-12); yb5 := 4*u+(1-u)*(-4); zb5 :=
u*t1+t1*(1-u);
xb6 := -12*u+(1-u)*(-12); yb6 := 4*u+(1-u)*(-4); zb6 :=
u*t2+t2*(1-u);
ba3 := plot3d([v*xb5+(1-v)*xb6, v*yb5+(1-v)*yb6, v*zb5+(1-
v)*zb6], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"MediumSpringGreen");
xb7 := -4*u+(1-u)*4; yb7 := -12*u+(1-u)*(-12); zb7 :=
u*t1+t1*(1-u);
xb8 := -4*u+(1-u)*4; yb8 := -12*u+(1-u)*(-12); zb8 :=
u*t2+t2*(1-u);
ba4 := plot3d([v*xb7+(1-v)*xb8, v*yb7+(1-v)*yb8, v*zb7+(1-
v)*zb8], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"MediumSpringGreen");
sisitegak := display(ba1, ba2, ba3, ba4, labels = [x, y,
z]);
#TITIK KONTROL KURVA BEZIER POJOK (CEMBUNG)
p := 20;
x1 := 4*(1-u)^2+2*p*(1-u)*u+12*u^2; y1 := 12*(1-u)^2+2*p*(1-
u)*u+4*u^2; z1 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-u)*u+t1*u^2;
x2 := 4*(1-u)^2+2*p*(1-u)*u+12*u^2; y2 := 12*(1-u)^2+2*p*(1-
u)*u+4*u^2; z2 := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
bb1 := plot3d([v*x1+(1-v)*x2, v*y1+(1-v)*y2, v*z1+(1-v)*z2],
u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "GreenYellow");
x3 := -12*(1-u)^2+((-p)*2)*(1-u)*u-4*u^2; y3 := -4*(1-
u)^2+((-p)*2)*(1-u)*u-12*u^2; z3 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x4 := -12*(1-u)^2+((-p)*2)*(1-u)*u-4*u^2; y4 := -4*(1-
u)^2+((-p)*2)*(1-u)*u-12*u^2; z4 := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-
u)*u+t2*u^2;
bb2 := plot3d([v*x3+(1-v)*x4, v*y3+(1-v)*y4, v*z3+(1-v)*z4],
u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "GreenYellow");
x5 := -12*(1-u)^2+((-p)*2)*(1-u)*u-4*u^2; y5 := 4*(1-
u)^2+2*p*(1-u)*u+12*u^2; z5 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x6 := -12*(1-u)^2+((-p)*2)*(1-u)*u-4*u^2; y6 := 4*(1-
u)^2+2*p*(1-u)*u+12*u^2; z6 := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-
u)*u+t2*u^2;

```

```

bb3 := plot3d([v*x5+(1-v)*x6, v*y5+(1-v)*y6, v*z5+(1-v)*z6],
  u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "GreenYellow");
x7 := 12*(1-u)^2+2*p*(1-u)*u+4*u^2; y7 := -4*(1-u)^2+((-
p)*2)*(1-u)*u-12*u^2; z7 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x8 := 12*(1-u)^2+2*p*(1-u)*u+4*u^2; y8 := -4*(1-u)^2+((-
p)*2)*(1-u)*u-12*u^2; z8 := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-
u)*u+t2*u^2;
bb4 := plot3d([v*x7+(1-v)*x8, v*y7+(1-v)*y8, v*z7+(1-v)*z8],
  u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "GreenYellow");
display(sisitegak, bb1, bb2, bb3, bb4, scaling =
  constrained, axes = frame, style = surface);

```

B.3 Prisma Segi Empat Pola Bunga [Nilai lengkung cembung ($c > 1/2 p$) dan lengkung cekung ($c < 1/2 p$)]

```

t1 := 0; t2 := 25;
xa1 := -3*u+(1-u)*(-9); ya1 := 12*u+(1-u)*12; za1 :=
  u*t1+(1-u)*t1;
xa2 := -3*u+(1-u)*(-9); ya2 := 12*u+(1-u)*12; za2 :=
  u*t2+(1-u)*t2;
b1 := plot3d([v*xa1+(1-v)*xa2, v*ya1+(1-v)*ya2, v*za1+(1-
v)*za2], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "DeepSkyBlue");
xb1 := 3*u+(1-u)*9; yb1 := 12*u+(1-u)*12; zb1 := u*t1+(1-
u)*t1;
xb2 := 3*u+(1-u)*9; yb2 := 12*u+(1-u)*12; zb2 := u*t2+(1-
u)*t2;
b2 := plot3d([v*xb1+(1-v)*xb2, v*yb1+(1-v)*yb2, v*zb1+(1-
v)*zb2], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "DeepSkyBlue");
xa3 := -3*u+(1-u)*(-9); ya3 := -12*u+(1-u)*(-12); za3 :=
  u*t1+(1-u)*t1;
xa4 := -3*u+(1-u)*(-9); ya4 := -12*u+(1-u)*(-12); za4 :=
  u*t2+(1-u)*t2;
b3 := plot3d([v*xa3+(1-v)*xa4, v*ya3+(1-v)*ya4, v*za3+(1-
v)*za4], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "DeepSkyBlue");
xb3 := 3*u+(1-u)*9; yb3 := -12*u+(1-u)*(-12); zb3 :=
  u*t1+(1-u)*t1;
xb4 := 3*u+(1-u)*9; yb4 := -12*u+(1-u)*(-12); zb4 :=
  u*t2+(1-u)*t2;
b4 := plot3d([v*xb3+(1-v)*xb4, v*yb3+(1-v)*yb4, v*zb3+(1-
v)*zb4], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "DeepSkyBlue");
xa5 := 12*u+(1-u)*12; ya5 := -3*u+(1-u)*(-9); za5 :=
  u*t1+(1-u)*t1;

```



```

xa6 := 12*u+(1-u)*12; ya6 := -3*u+(1-u)*(-9); za6 :=
u*t2+(1-u)*t2;
b5 := plot3d([v*xa5+(1-v)*xa6, v*ya5+(1-v)*ya6, v*za5+(1-
v)*za6], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "DeepSkyBlue");
xb5 := 12*u+(1-u)*12; yb5 := 3*u+(1-u)*9; zb5 := u*t1+(1-
u)*t1;
xb6 := 12*u+(1-u)*12; yb6 := 3*u+(1-u)*9; zb6 := u*t2+(1-
u)*t2;
b6 := plot3d([v*xb5+(1-v)*xb6, v*yb5+(1-v)*yb6, v*zb5+(1-
v)*zb6], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "DeepSkyBlue");
xa7 := -12*u+(1-u)*(-12); ya7 := -3*u+(1-u)*(-9); za7 :=
u*t1+(1-u)*t1;
xa8 := -12*u+(1-u)*(-12); ya8 := -3*u+(1-u)*(-9); za8 :=
u*t2+(1-u)*t2;
b7 := plot3d([v*xa7+(1-v)*xa8, v*ya7+(1-v)*ya8, v*za7+(1-
v)*za8], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "DeepSkyBlue");
xb7 := -12*u+(1-u)*(-12); yb7 := 3*u+(1-u)*9; zb7 :=
u*t1+(1-u)*t1;
xb8 := -12*u+(1-u)*(-12); yb8 := 3*u+(1-u)*9; zb8 :=
u*t2+(1-u)*t2;
b8 := plot3d([v*xb7+(1-v)*xb8, v*yb7+(1-v)*yb8, v*zb7+(1-
v)*zb8], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "DeepSkyBlue");
#KURVA CEMBUNG
p1 := 16;
x13 := 9*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+12*u^2; y13 := 12*(1-
u)^2+2*p1*(1-u)*u+9*u^2; z13 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x14 := 9*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+12*u^2; y14 := 12*(1-
u)^2+2*p1*(1-u)*u+9*u^2; z14 := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-
u)*u+t2*u^2;
b9 := plot3d([v*x13+(1-v)*x14, v*y13+(1-v)*y14, v*z13+(1-
v)*z14], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "GreenYellow");
x15 := -9*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-12*u^2; y15 := 12*(1-
u)^2+2*p1*(1-u)*u+9*u^2; z15 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x16 := -9*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-12*u^2; y16 := 12*(1-
u)^2+2*p1*(1-u)*u+9*u^2; z16 := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-
u)*u+t2*u^2;
b10 := plot3d([v*x15+(1-v)*x16, v*y15+(1-v)*y16, v*z15+(1-
v)*z16], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "GreenYellow");
x17 := 9*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+12*u^2; y17 := -12*(1-u)^2+((-
p1)*2)*(1-u)*u-9*u^2; z17 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;

```



```

x18 := 9*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+12*u^2; y18 := -12*(1-u)^2+((-
p1)*2)*(1-u)*u-9*u^2; z18 := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-
u)*u+t2*u^2;
b11 := plot3d([v*x17+(1-v)*x18, v*y17+(1-v)*y18, v*z17+(1-
v)*z18], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "GreenYellow");
x19 := -9*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-12*u^2; y19 := -12*(1-
u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-9*u^2; z19 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x20 := -9*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-12*u^2; y20 := -12*(1-
u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-9*u^2; z20 := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-
u)*u+t2*u^2;
b12 := plot3d([v*x19+(1-v)*x20, v*y19+(1-v)*y20, v*z19+(1-
v)*z20], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "GreenYellow");
x21 := -3*(1-u)^2+(0*2)*(1-u)*u+3*u^2; y21 := -12*(1-
u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-12*u^2; z21 := t1*(1-
u)^2+2*t1*(1-u)*u+t1*u^2;
x22 := -3*(1-u)^2+(0*2)*(1-u)*u+3*u^2; y22 := -12*(1-
u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-12*u^2; z22 := t2*(1-
u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b13 := plot3d([v*x21+(1-v)*x22, v*y21+(1-v)*y22, v*z21+(1-
v)*z22], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "GreenYellow");
x23 := -3*(1-u)^2+(0*2)*(1-u)*u+3*u^2; y23 := 12*(1-
u)^2+2*p1*(1-u)*u+12*u^2; z23 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x24 := -3*(1-u)^2+(0*2)*(1-u)*u+3*u^2; y24 := 12*(1-
u)^2+2*p1*(1-u)*u+12*u^2; z24 := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-
u)*u+t2*u^2;
b14 := plot3d([v*x23+(1-v)*x24, v*y23+(1-v)*y24, v*z23+(1-
v)*z24], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "GreenYellow");
x25 := -12*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-12*u^2; y25 := -3*(1-
u)^2+(0*2)*(1-u)*u+3*u^2; z25 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x26 := -12*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-12*u^2; y26 := -3*(1-
u)^2+(0*2)*(1-u)*u+3*u^2; z26 := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-
u)*u+t2*u^2;
b15 := plot3d([v*x25+(1-v)*x26, v*y25+(1-v)*y26, v*z25+(1-
v)*z26], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "GreenYellow");
x27 := 12*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+12*u^2; y27 := -3*(1-
u)^2+(0*2)*(1-u)*u+3*u^2; z27 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x28 := 12*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+12*u^2; y28 := -3*(1-
u)^2+(0*2)*(1-u)*u+3*u^2; z28 := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-
u)*u+t2*u^2;
b16 := plot3d([v*x27+(1-v)*x28, v*y27+(1-v)*y28, v*z27+(1-
v)*z28], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color = "GreenYellow");

```

```
display(b1, b2, b3, b4, b5, b6, b7, b8, b9, b10, b11, b12,
        b13, b14, b15, b16);
```

Lampiran C. Deformasi Prisma Segi Enam

C.1 Dilatasi Tutup Atas

```
t1 := 0; t2 := 10;
x1 := -10*u+(1-u)*10; y1 := u*(-10*sqrt(3))+(1-u)*(-
10*sqrt(3)); z1 := u*t1+(1-u)*t1;
x2 := -7.5*u+(1-u)*7.5; y2 := u*(-7.5*sqrt(3))+(1-u)*(-
7.5*sqrt(3)); z2 := u*t2+(1-u)*t2;
x3 := 10*u+(1-u)*20; y3 := u*(-10*sqrt(3))+(1-u)*0; z3 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x4 := 7.5*u+(1-u)*15; y4 := u*(-7.5*sqrt(3))+(1-u)*0; z4 :=
u*t2+(1-u)*t2;
x5 := 10*u+(1-u)*20; y5 := 10*u*sqrt(3)+(1-u)*0; z5 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x6 := 7.5*u+(1-u)*15; y6 := 7.5*u*sqrt(3)+(1-u)*0; z6 :=
u*t2+(1-u)*t2;
x7 := 10*u+(1-u)*(-10); y7 := 10*u*sqrt(3)+10*(1-u)*sqrt(3);
z7 := u*t1+(1-u)*t1;
x8 := 7.5*u+(1-u)*(-7.5); y8 := 7.5*u*sqrt(3)+7.5*(1-
u)*sqrt(3); z8 := u*t2+(1-u)*t2;
x9 := -10*u+(1-u)*(-20); y9 := 10*u*sqrt(3)+(1-u)*0; z9 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x10 := -7.5*u+(1-u)*(-15); y10 := 7.5*u*sqrt(3)+(1-u)*0; z10
:= u*t2+(1-u)*t2;
x11 := -10*u+(1-u)*(-20); y11 := u*(-10*sqrt(3))+(1-u)*0;
z11 := u*t1+(1-u)*t1;
x12 := -7.5*u+(1-u)*(-15); y12 := u*(-7.5*sqrt(3))+(1-u)*0;
z12 := u*t2+(1-u)*t2;
a1 := plot3d([v*x1+(1-v)*x2, v*y1+(1-v)*y2, v*z1+(1-v)*z6],
u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
b1 := plot3d([v*x3+(1-v)*x4, v*y3+(1-v)*y4, v*z3+(1-v)*z4],
u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
c1 := plot3d([v*x5+(1-v)*x6, v*y5+(1-v)*y6, v*z5+(1-v)*z6],
u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
d1 := plot3d([v*x7+(1-v)*x8, v*y7+(1-v)*y8, v*z7+(1-v)*z8],
u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
e1 := plot3d([v*x9+(1-v)*x10, v*y9+(1-v)*y10, v*z9+(1-
v)*z10], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
f1 := plot3d([v*x11+(1-v)*x12, v*y11+(1-v)*y12, v*z11+(1-
v)*z12], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
```

```
tutupatas1 := plot3d([v*x6+(1-v)*x10, v*y6+(1-v)*y10,
v*z6+(1-v)*z10], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
tutupatas2 := plot3d([v*x4+(1-v)*x12, v*y4+(1-v)*y12,
v*z4+(1-v)*z12], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
display(a1, b1, c1, d1, e1, f1, tutupatas1, tutupatas2,
labels = [x, y, z], axes = frame, scaling = constrained,
style = surface);
```

C.2 Puntiran (Nilai lengkung cembung ($c \geq a$) dan lengkung cekung ($c \leq a$))

a. Puntiran $\theta = 30^\circ$

Model 1

```
t1 := 0; t2 := 30;
x1 := -4.5*u+(1-u)*(-1.5); y1 := u*(-4.5*sqrt(3))+(1-u)*(-
4.5*sqrt(3)); z1 := u*t1+(1-u)*t1;
x1p := u*0+1.5*(1-u)*sqrt(3); y1p := -9*u+(1-u)*(-7.5); z1p
:= u*t2+(1-u)*t2;
a1 := plot3d([v*x1+(1-v)*x1p, v*y1+(1-v)*y1p, v*z1+(1-
v)*z1p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x2 := 4.5*u+(1-u)*1.5; y2 := u*(-4.5*sqrt(3))+(1-u)*(-
4.5*sqrt(3)); z2 := u*t1+(1-u)*t1;
x2p := 4.5*u*sqrt(3)+3*(1-u)*sqrt(3); y2p := -4.5*u+(1-u)*(-
6); z2p := u*t2+(1-u)*t2;
a2 := plot3d([v*x2+(1-v)*x2p, v*y2+(1-v)*y2p, v*z2+(1-
v)*z2p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x3 := 4.5*u+(1-u)*6; y3 := u*(-4.5*sqrt(3))+(1-u)*(-
3*sqrt(3)); z3 := u*t1+(1-u)*t1;
x3p := 4.5*u*sqrt(3)+4.5*(1-u)*sqrt(3); y3p := -4.5*u+(1-
u)*(-1.5); z3p := u*t2+(1-u)*t2;
a3 := plot3d([v*x3+(1-v)*x3p, v*y3+(1-v)*y3p, v*z3+(1-
v)*z3p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x4 := 9*u+(1-u)*7.5; y4 := u*0+(1-u)*(-1.5*sqrt(3)); z4 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x4p := 4.5*u*sqrt(3)+4.5*(1-u)*sqrt(3); y4p := 4.5*u+(1-
u)*1.5; z4p := u*t2+(1-u)*t2;
a4 := plot3d([v*x4+(1-v)*x4p, v*y4+(1-v)*y4p, v*z4+(1-
v)*z4p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x5 := 9*u+(1-u)*7.5; y5 := u*0+1.5*(1-u)*sqrt(3); z5 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x5p := 4.5*u*sqrt(3)+3*(1-u)*sqrt(3); y5p := 4.5*u+(1-u)*6;
z5p := u*t2+(1-u)*t2;
a5 := plot3d([v*x5+(1-v)*x5p, v*y5+(1-v)*y5p, v*z5+(1-
v)*z5p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x6 := 6*u+(1-u)*4.5; y6 := 3*u*sqrt(3)+4.5*(1-u)*sqrt(3); z6
:= u*t1+(1-u)*t1;
```

```

x6p := 1.5*u*sqrt(3)+(1-u)*0; y6p := 7.5*u+(1-u)*9; z6p :=
u*t2+(1-u)*t2;
a6 := plot3d([v*x6+(1-v)*x6p, v*y6+(1-v)*y6p, v*z6+(1-
v)*z6p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x7 := 4.5*u+(1-u)*1.5; y7 := 4.5*u*sqrt(3)+4.5*(1-
u)*sqrt(3); z7 := u*t1+(1-u)*t1;
x7p := u*0+(1-u)*(-1.5*sqrt(3)); y7p := 9*u+(1-u)*7.5; z7p
:= u*t2+(1-u)*t2;
a7 := plot3d([v*x7+(1-v)*x7p, v*y7+(1-v)*y7p, v*z7+(1-
v)*z7p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x8 := -1.5*u+(1-u)*(-4.5); y8 := 4.5*u*sqrt(3)+4.5*(1-
u)*sqrt(3); z8 := u*t1+(1-u)*t1;
x8p := u*(-3*sqrt(3))+(1-u)*(-4.5*sqrt(3)); y8p := 6*u+(1-
u)*4.5; z8p := u*t2+(1-u)*t2;
a8 := plot3d([v*x8+(1-v)*x8p, v*y8+(1-v)*y8p, v*z8+(1-
v)*z8p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x9 := -4.5*u+(1-u)*(-6); y9 := 4.5*u*sqrt(3)+3*(1-
u)*sqrt(3); z9 := u*t1+(1-u)*t1;
x9p := u*(-4.5*sqrt(3))+(1-u)*(-4.5*sqrt(3)); y9p :=
4.5*u+(1-u)*1.5; z9p := u*t2+(1-u)*t2;
a9 := plot3d([v*x9+(1-v)*x9p, v*y9+(1-v)*y9p, v*z9+(1-
v)*z9p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x10 := -7.5*u+(1-u)*(-9); y10 := 1.5*u*sqrt(3)+(1-u)*0; z10
:= u*t1+(1-u)*t1;
x10p := u*(-4.5*sqrt(3))+(1-u)*(-4.5*sqrt(3)); y10p := -
1.5*u+(1-u)*(-4.5); z10p := u*t2+(1-u)*t2;
a10 := plot3d([v*x10+(1-v)*x10p, v*y10+(1-v)*y10p, v*z10+(1-
v)*z10p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x11 := -9*u+(1-u)*(-7.5); y11 := u*0+(1-u)*(-1.5*sqrt(3));
z11 := u*t1+(1-u)*t1;
x11p := u*(-4.5*sqrt(3))+(1-u)*(-3*sqrt(3)); y11p := -
4.5*u+(1-u)*(-6); z11p := u*t2+(1-u)*t2;
a11 := plot3d([v*x11+(1-v)*x11p, v*y11+(1-v)*y11p, v*z11+(1-
v)*z11p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x12 := -6*u+(1-u)*(-4.5); y12 := u*(-3*sqrt(3))+(1-u)*(-
4.5*sqrt(3)); z12 := u*t1+(1-u)*t1;
x12p := u*(-1.5*sqrt(3))+(1-u)*0; y12p := -7.5*u+(1-u)*(-9);
z12p := u*t2+(1-u)*t2;
a12 := plot3d([v*x12+(1-v)*x12p, v*y12+(1-v)*y12p, v*z12+(1-
v)*z12p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
p1 := 10;
x13 := -1.5*(1-u)^2+(0*2)*(1-u)*u+1.5*u^2; y13 := (-
4.5*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-p1)*2)*(1-u)*u+(-
4.5*sqrt(3))*(u^2); z13 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;

```

```

x13p := 1.5*sqrt(3)*(1-u)^2+(3*sqrt(3)*2)*(1-
u)*u+3*sqrt(3)*u^2; y13p := -7.5*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-
u)*u-6*u^2; z13p := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b1 := plot3d([v*x13+(1-v)*x13p, v*y13+(1-v)*y13p, v*z13+(1-
v)*z13p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
x14 := 6*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+7.5*u^2; y14 := (-
3*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-3*sqrt(3))*2)*(1-u)*u+(-
1.5*sqrt(3))*(u^2); z14 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x14p := 4.5*sqrt(3)*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+4.5*sqrt(3)*u^2;
y14p := -1.5*(1-u)^2+(0*2)*(1-u)*u+1.5*u^2; z14p :=
t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b2 := plot3d([v*x14+(1-v)*x14p, v*y14+(1-v)*y14p, v*z14+(1-
v)*z14p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
x15 := 7.5*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+6*u^2; y15 :=
1.5*sqrt(3)*(1-u)^2+(3*sqrt(3)*2)*(1-u)*u+3*sqrt(3)*u^2;
z15 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-u)*u+t1*u^2;
x15p := 3*sqrt(3)*(1-u)^2+(3*sqrt(3)*2)*(1-
u)*u+1.5*sqrt(3)*u^2; y15p := 6*(1-u)^2+2*p1*(1-
u)*u+7.5*u^2; z15p := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b3 := plot3d([v*x15+(1-v)*x15p, v*y15+(1-v)*y15p, v*z15+(1-
v)*z15p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
x16 := 1.5*(1-u)^2+(0*2)*(1-u)*u-1.5*u^2; y16 :=
4.5*sqrt(3)*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+4.5*sqrt(3)*u^2; z16 :=
t1*(1-u)^2+2*t1*(1-u)*u+t1*u^2;
x16p := (-1.5*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-3*sqrt(3))*2)*(1-u)*u+(-
3*sqrt(3))*(u^2); y16p := 7.5*(1-u)^2+2*p1*(1-
u)*u+6*u^2; z16p := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b4 := plot3d([v*x16+(1-v)*x16p, v*y16+(1-v)*y16p, v*z16+(1-
v)*z16p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
x17 := -6*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-7.5*u^2; y17 :=
3*sqrt(3)*(1-u)^2+(3*sqrt(3)*2)*(1-u)*u+1.5*sqrt(3)*u^2;
z17 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-u)*u+t1*u^2;
x17p := (-4.5*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-p1)*2)*(1-u)*u+(-
4.5*sqrt(3))*(u^2); y17p := 1.5*(1-u)^2+(0*2)*(1-u)*u-
1.5*u^2; z17p := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b5 := plot3d([v*x17+(1-v)*x17p, v*y17+(1-v)*y17p, v*z17+(1-
v)*z17p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");

```



```

x18 := -7.5*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-6*u^2; y18 := (-
1.5*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-3*sqrt(3))*2)*(1-u)*u+(-
3*sqrt(3))*(u^2); z18 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-u)*u+t1*u^2;
x18p := (-3*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-3*sqrt(3))*2)*(1-u)*u+(-
1.5*sqrt(3))*(u^2); y18p := -6*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-
u)*u-7.5*u^2; z18p := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b6 := plot3d([v*x18+(1-v)*x18p, v*y18+(1-v)*y18p, v*z18+(1-
v)*z18p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
display(a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8, a9, a10, a11, a12,
b1, b2, b3, b4, b5, b6, labels = [x, y, z], style =
surface, axes = none);

```

Model 2

```

x1 := -4.5*u+(1-u)*(-1.5); y1 := u*(-4.5*sqrt(3))+(1-u)*(-
4.5*sqrt(3)); z1 := u*t1+(1-u)*t1;
x1p := u*0+1.5*(1-u)*sqrt(3); y1p := -9*u+(1-u)*(-7.5); z1p
:= u*t2+(1-u)*t2;
a1 := plot3d([v*x1+(1-v)*x1p, v*y1+(1-v)*y1p, v*z1+(1-
v)*z1p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x2 := 4.5*u+(1-u)*1.5; y2 := u*(-4.5*sqrt(3))+(1-u)*(-
4.5*sqrt(3)); z2 := u*t1+(1-u)*t1;
x2p := 4.5*u*sqrt(3)+3*(1-u)*sqrt(3); y2p := -4.5*u+(1-u)*(-
6); z2p := u*t2+(1-u)*t2;
a2 := plot3d([v*x2+(1-v)*x2p, v*y2+(1-v)*y2p, v*z2+(1-
v)*z2p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x3 := 6*u+(1-u)*7.5; y3 := u*(-3*sqrt(3))+(1-u)*(-
1.5*sqrt(3)); z3 := u*t1+(1-u)*t1;
x3p := 4.5*u*sqrt(3)+4.5*(1-u)*sqrt(3); y3p := -1.5*u+(1-
u)*1.5; z3p := u*t2+(1-u)*t2;
a3 := plot3d([v*x3+(1-v)*x3p, v*y3+(1-v)*y3p, v*z3+(1-
v)*z3p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x4 := 9*u+(1-u)*7.5; y4 := u*0+1.5*(1-u)*sqrt(3); z4 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x4p := 4.5*u*sqrt(3)+3*(1-u)*sqrt(3); y4p := 4.5*u+(1-u)*6;
z4p := u*t2+(1-u)*t2;
a4 := plot3d([v*x4+(1-v)*x4p, v*y4+(1-v)*y4p, v*z4+(1-
v)*z4p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x5 := 6*u+(1-u)*4.5; y5 := 3*u*sqrt(3)+4.5*(1-u)*sqrt(3); z5
:= u*t1+(1-u)*t1;
x5p := 1.5*u*sqrt(3)+(1-u)*0; y5p := 7.5*u+(1-u)*9; z5p :=
u*t2+(1-u)*t2;
a5 := plot3d([v*x5+(1-v)*x5p, v*y5+(1-v)*y5p, v*z5+(1-
v)*z5p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);

```



```

x6 := 1.5*u+(1-u)*(-1.5); y6 := 4.5*u*sqrt(3)+4.5*(1-
u)*sqrt(3); z6 := u*t1+(1-u)*t1;
x6p := u*(-1.5*sqrt(3))+(1-u)*(-3*sqrt(3)); y6p := 7.5*u+(1-
u)*6; z6p := u*t2+(1-u)*t2;
a6 := plot3d([v*x6+(1-v)*x6p, v*y6+(1-v)*y6p, v*z6+(1-
v)*z6p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x7 := -4.5*u+(1-u)*(-6); y7 := 4.5*u*sqrt(3)+3*(1-
u)*sqrt(3); z7 := u*t1+(1-u)*t1;
x7p := u*(-4.5*sqrt(3))+(1-u)*(-4.5*sqrt(3)); y7p :=
4.5*u+(1-u)*1.5; z7p := u*t2+(1-u)*t2;
a7 := plot3d([v*x7+(1-v)*x7p, v*y7+(1-v)*y7p, v*z7+(1-
v)*z7p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x8 := -7.5*u+(1-u)*(-9); y8 := 1.5*u*sqrt(3)+(1-u)*0; z8 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x8p := u*(-4.5*sqrt(3))+(1-u)*(-4.5*sqrt(3)); y8p := -
1.5*u+(1-u)*(-4.5); z8p := u*t2+(1-u)*t2;
a8 := plot3d([v*x8+(1-v)*x8p, v*y8+(1-v)*y8p, v*z8+(1-
v)*z8p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
x9 := -7.5*u+(1-u)*(-6); y9 := u*(-1.5*sqrt(3))+(1-u)*(-
3*sqrt(3)); z9 := u*t1+(1-u)*t1;
x9p := u*(-3*sqrt(3))+(1-u)*(-1.5*sqrt(3)); y9p := -6*u+(1-
u)*(-7.5); z9p := u*t2+(1-u)*t2;
a9 := plot3d([v*x9+(1-v)*x9p, v*y9+(1-v)*y9p, v*z9+(1-
v)*z9p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
p1 := 10;
x13 := -1.5*(1-u)^2+(0*2)*(1-u)*u+1.5*u^2; y13 := (-
4.5*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-p1)*2)*(1-u)*u+(-
4.5*sqrt(3))*(u^2); z13 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x13p := 1.5*sqrt(3)*(1-u)^2+(3*sqrt(3)*2)*(1-
u)*u+3*sqrt(3)*u^2; y13p := -7.5*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-
u)*u-6*u^2; z13p := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b1 := plot3d([v*x13+(1-v)*x13p, v*y13+(1-v)*y13p, v*z13+(1-
v)*z13p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
x14 := 4.5*(1-u)^2+(8*2)*(1-u)*u+6*u^2; y14 := (-
4.5*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-8)*2)*(1-u)*u+(-
3*sqrt(3))*(u^2); z14 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-u)*u+t1*u^2;
x14p := 4.5*sqrt(3)*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+4.5*sqrt(3)*u^2;
y14p := -4.5*(1-u)^2+((-4)*2)*(1-u)*u-1.5*u^2; z14p :=
t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b2 := plot3d([v*x14+(1-v)*x14p, v*y14+(1-v)*y14p, v*z14+(1-
v)*z14p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");

```

```

x15 := 7.5*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+9*u^2; y15 := (-
1.5*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-1.5*sqrt(3))*2)*(1-
u)*u+0*(u^2); z15 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-u)*u+t1*u^2;
x15p := 4.5*sqrt(3)*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+4.5*sqrt(3)*u^2;
y15p := 1.5*(1-u)^2+(2.5*2)*(1-u)*u+4.5*u^2; z15p :=
t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b3 := plot3d([v*x15+(1-v)*x15p, v*y15+(1-v)*y15p, v*z15+(1-
v)*z15p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
x16 := 7.5*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+6*u^2; y16 :=
1.5*sqrt(3)*(1-u)^2+(3.5*sqrt(3)*2)*(1-
u)*u+3*sqrt(3)*u^2; z16 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x16p := 3*sqrt(3)*(1-u)^2+(3*sqrt(3)*2)*(1-
u)*u+1.5*sqrt(3)*u^2; y16p := 6*(1-u)^2+2*p1*(1-
u)*u+7.5*u^2; z16p := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b4 := plot3d([v*x16+(1-v)*x16p, v*y16+(1-v)*y16p, v*z16+(1-
v)*z16p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
x17 := 4.5*(1-u)^2+(2.5*2)*(1-u)*u+1.5*u^2; y17 :=
4.5*sqrt(3)*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+4.5*sqrt(3)*u^2; z17 :=
t1*(1-u)^2+2*t1*(1-u)*u+t1*u^2;
x17p := 0*((1-u)^2)+((-1.5*sqrt(3))*2)*(1-u)*u+(-
1.5*sqrt(3))*(u^2); y17p := 9*(1-u)^2+2*p1*(1-
u)*u+7.5*u^2; z17p := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b5 := plot3d([v*x17+(1-v)*x17p, v*y17+(1-v)*y17p, v*z17+(1-
v)*z17p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
x18 := -1.5*(1-u)^2+((-3)*2)*(1-u)*u-4.5*u^2; y18 :=
4.5*sqrt(3)*(1-u)^2+2*p1*(1-u)*u+4.5*sqrt(3)*u^2; z18 :=
t1*(1-u)^2+2*t1*(1-u)*u+t1*u^2;
x18p := (-3*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-8)*2)*(1-u)*u+(-
4.5*sqrt(3))*(u^2); y18p := 6*(1-u)^2+(8*2)*(1-
u)*u+4.5*u^2; z18p := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b6 := plot3d([v*x18+(1-v)*x18p, v*y18+(1-v)*y18p, v*z18+(1-
v)*z18p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
x19 := -6*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-7.5*u^2; y19 :=
3*sqrt(3)*(1-u)^2+(3*sqrt(3)*2)*(1-u)*u+1.5*sqrt(3)*u^2;
z19 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-u)*u+t1*u^2;
x19p := (-4.5*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-p1)*2)*(1-u)*u+(-
4.5*sqrt(3))*(u^2); y19p := 1.5*(1-u)^2+(0*2)*(1-u)*u-
1.5*u^2; z19p := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;

```

```

b7 := plot3d([v*x19+(1-v)*x19p, v*y19+(1-v)*y19p, v*z19+(1-
v)*z19p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
x20 := -9*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-7.5*u^2; y20 := 0*((1-
u)^2)+((-1.5*sqrt(3))*2)*(1-u)*u+(-1.5*sqrt(3))*(u^2);
z20 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-u)*u+t1*u^2;
x20p := (-4.5*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-8)*2)*(1-u)*u+(-
3*sqrt(3))*(u^2); y20p := -4.5*(1-u)^2+((-8)*2)*(1-u)*u-
6*u^2; z20p := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b8 := plot3d([v*x20+(1-v)*x20p, v*y20+(1-v)*y20p, v*z20+(1-
v)*z20p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
x21 := -6*(1-u)^2+((-8)*2)*(1-u)*u-4.5*u^2; y21 := (-
3*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-8)*2)*(1-u)*u+(-
4.5*sqrt(3))*(u^2); z21 := t1*(1-u)^2+2*t1*(1-
u)*u+t1*u^2;
x21p := (-1.5*sqrt(3))*((1-u)^2)+((-1.5*sqrt(3))*2)*(1-
u)*u+0*(u^2); y21p := -7.5*(1-u)^2+((-p1)*2)*(1-u)*u-
9*u^2; z21p := t2*(1-u)^2+2*t2*(1-u)*u+t2*u^2;
b9 := plot3d([v*x21+(1-v)*x21p, v*y21+(1-v)*y21p, v*z21+(1-
v)*z21p], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1, color =
"GreenYellow");
display(a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8, a9, b1, b2, b3, b4,
b5, b6, b7, b8, b9, labels = [x, y, z], style = surface,
axes = none);

```

b. Puntiran $\theta = 60^\circ$

Model 1

Script seperti pada $\theta = 30^\circ$ bagian model 1 dengan nilai titik-titik hasil rotasi diambil pada hasil Lampiran A dengan Rotasi $\theta = 60^\circ$.

Model 2

Script seperti pada $\theta = 30^\circ$ bagian model 2 dengan nilai titik-titik hasil rotasi diambil pada hasil Lampiran A dengan Rotasi $\theta = 60^\circ$.

c. Puntiran $\theta = 90^\circ$

Model 1

Script seperti pada $\theta = 30^\circ$ bagian model 1 dengan nilai titik-titik hasil rotasi diambil pada hasil Lampiran A dengan Rotasi $\theta = 90^\circ$.

Model 2

Script seperti pada $\theta = 30^\circ$ bagian model 2 dengan nilai titik-titik hasil rotasi diambil pada hasil Lampiran A dengan Rotasi $\theta = 90^\circ$.

Lampiran D. Konstruksi Tabung**D.1 Tabung pada sumbu-z**

```
t1 := plot3d([7*cos(u), 7*sin(u), v], u = 0 .. 2*Pi, v = 150
  .. 200);
display(t1, scaling = constrained, axes = frame);
```

D.2 Tabung pada sumbu-x

```
t1 := plot3d([x, 4*cos(u), 195+4*sin(u)], u = 0 .. 2*Pi, x =
  -13 .. 50, color = "Gold");
display(t1, scaling = constrained, axes = frame);
```

D.3 Tabung pada sumbu-y

```
t6 := plot3d([4*cos(u), y, 195+4*sin(u)], u = 0 .. 2*Pi, y =
  150 .. 200, color = "Gold");
display(t1, scaling = constrained, axes = frame);
```

Lampiran E. Penghubung Tiang**E.1 Kurva Bezier****Kurva Batas Kurva Bezier Berderajat 3**

```
p0x := 7; p0y := 0; p0z := 25;
p1x := 8; p1y := 0; p1z := 26;
p2x := 4; p2y := 0; p2z := 27;
p3x := 5; p3y := 0; p3z := 28;
bx1:= (1-u)^3*p0x+3*(1-u)^2*u*p1x+(3*(1-u))*u^2*p2x+u^3*p3x;
by1:= (1-u)^3*p0y+3*(1-u)^2*u*p1y+(3*(1-u))*u^2*p2y+u^3*p3y;
bz1:= (1-u)^3*p0z+3*(1-u)^2*u*p1z+(3*(1-u))*u^2*p2z+u^3*p3z;
b1 := plot3d([bx1, by1, bz1], u = 0 .. 1, v = 0 .. 2*Pi):
display(b1, axes=frame, labels=[x,y,z], scaling=constrained);
```

```
p0x := 5; p0y := 0; p0z := 32;
p1x := 7; p1y := 0; p1z := 33;
p2x := 8; p2y := 0; p2z := 34;
p3x := 5; p3y := 0; p3z := 35;
bx1:= (1-u)^3*p0x+3*(1-u)^2*u*p1x+(3*(1-u))*u^2*p2x+u^3*p3x;
by1:= (1-u)^3*p0y+3*(1-u)^2*u*p1y+(3*(1-u))*u^2*p2y+u^3*p3y;
bz1:= (1-u)^3*p0z+3*(1-u)^2*u*p1z+(3*(1-u))*u^2*p2z+u^3*p3z;
b3 := plot3d([bx1, by1, bz1], u = 0 .. 1, v = 0 .. 2*Pi);
display(b1, axes=frame, labels=[x,y,z], scaling = constrained);
```

Kurva Batas Kurva Bezier Berderajat 4

```

p0x := 7; p0y := 0; p0z := 25;
p1x := 8; p1y := 0; p1z := 26;
p2x := 10; p2y := 0; p2z := 27;
p3x := 4; p3y := 0; p3z := 28;
p4x := 5; p4y := 0; p4z := 29;
bx1 := (1-t)^4*p0x+4*t*(1-t)^3*p1x+6*t^2*(1-t)^2*p2x+4*t^3*(1-t)*p3x+t^4*p4x;
by1 := (1-t)^4*p0y+4*t*(1-t)^3*p1y+6*t^2*(1-t)^2*p2y+4*t^3*(1-t)*p3y+t^4*p4y;
bz1 := (1-t)^4*p0z+4*t*(1-t)^3*p1z+6*t^2*(1-t)^2*p2z+4*t^3*(1-t)*p3z+t^4*p4z;
b1 := plot3d([bx1, by1, bz1], t = 0 .. 1, v = 0 .. 2*Pi);
display(b1, axes=frame, labels=[x,y,z], scaling = constrained);

```

```

p0x := 7; p0y := 0; p0z := 96;
p1x := 8; p1y := 0; p1z := 97;
p2x := 10; p2y := 0; p2z := 98;
p3x := 10; p3y := 0; p3z := 100;
p4x := 9; p4y := 0; p4z := 105;
bx1 := (1-t)^4*p0x+4*t*(1-t)^3*p1x+6*t^2*(1-t)^2*p2x+4*t^3*(1-t)*p3x+t^4*p4x;
by1 := (1-t)^4*p0y+4*t*(1-t)^3*p1y+6*t^2*(1-t)^2*p2y+4*t^3*(1-t)*p3y+t^4*p4y;
bz1 := (1-t)^4*p0z+4*t*(1-t)^3*p1z+6*t^2*(1-t)^2*p2z+4*t^3*(1-t)*p3z+t^4*p4z;
b1 := plot3d([bx1, by1, bz1], t = 0 .. 1, v = 0 .. 2*Pi);
display(b1, axes=frame, labels=[x,y,z], scaling = constrained);

```

Kurva Batas Kurva Bezier Berderajat 5

```

p0x := 5; p0y := 0; p0z := 32;
p1x := 7; p1y := 0; p1z := 33;
p2x := 8; p2y := 0; p2z := 40;
p3x := 5; p3y := 0; p3z := 48;
p4x := 4; p4y := 0; p4z := 55;
p5x := 5; p5y := 0; p5z := 60;
bx1 := (1-t)^5*p0x+5*t*(1-t)^4*p1x+10*t^2*(1-t)^3*p2x+10*t^3*(1-t)^2*p3x+5*t^4*(1-t)*p4x+t^5*p5x;
by1 := (1-t)^5*p0y+5*t*(1-t)^4*p1y+10*t^2*(1-t)^3*p2y+10*t^3*(1-t)^2*p3y+5*t^4*(1-t)*p4y+t^5*p5y;
bz1 := (1-t)^5*p0z+5*t*(1-t)^4*p1z+10*t^2*(1-t)^3*p2z+10*t^3*(1-t)^2*p3z+5*t^4*(1-t)*p4z+t^5*p5z;
b1 := plot3d([bx1, by1, bz1], t = 0 .. 1, v = 0 .. 2*Pi);

```



```
display(b1, axes = frame, labels = [x, y, z]);
```

Kurva Batas Kurva Bezier Berderajat 6

```
p0x := 9; p0y := 0; p0z := 40;
p1x := 15; p1y := 0; p1z := 45;
p2x := -7; p2y := 0; p2z := 50;
p3x := 15; p3y := 0; p3z := 70;
p4x := 6; p4y := 0; p4z := 75;
p5x := 5; p5y := 0; p5z := 80;
p6x := 6; p6y := 0; p6z := 90;
bx1 := (1-t)^6*p0x+6*t*(1-t)^5*p1x+15*t^2*(1-
t)^4*p2x+20*t^3*(1-t)^3*p3x+15*t^4*(1-t)^2*p4x+6*t^5*(1-
t)*p5x+t^6*p6x;
by1 := (1-t)^6*p0y+6*t*(1-t)^5*p1y+15*t^2*(1-
t)^4*p2y+20*t^3*(1-t)^3*p3y+15*t^4*(1-t)^2*p4y+6*t^5*(1-
t)*p5y+t^6*p6y;
bz1 := (1-t)^6*p0z+6*t*(1-t)^5*p1z+15*t^2*(1-
t)^4*p2z+20*t^3*(1-t)^3*p3z+15*t^4*(1-t)^2*p4z+6*t^5*(1-
t)*p5z+t^6*p6z;
b3 := plot3d([bx1, by1, bz1], t = 0 .. 1, v = 0 .. 2*Pi);
display(b3, labels = [x, y, z], scaling = constrained, axes =
frame);
```

E.2 Memutar Kurva Bezier

Permukaan Putar Kurva Bezier Berderajat 3

```
p0x := 7; p0y := 7; p0z := 25;
p1x := 8; p1y := 8; p1z := 26;
p2x := 4; p2y := 4; p2z := 27;
p3x := 5; p3y := 5; p3z := 28;
bx1:= (1-u)^3*p0x+3*(1-u)^2*u*p1x+(3*(1-u))*u^2*p2x+u^3*p3x;
by1:= (1-u)^3*p0y+3*(1-u)^2*u*p1y+(3*(1-u))*u^2*p2y+u^3*p3y;
bz1:= (1-u)^3*p0z+3*(1-u)^2*u*p1z+(3*(1-u))*u^2*p2z+u^3*p3z;
b1 := plot3d([bx1*cos(v), by1*sin(v), bz1], u = 0 .. 1, v =
0 .. 2*Pi);
display(b1, style=surface, axes = none, labels = [x, y, z]);
```

```
p0x := 5; p0y := 5; p0z := 32;
p1x := 7; p1y := 7; p1z := 33;
p2x := 8; p2y := 8; p2z := 34;
p3x := 5; p3y := 5; p3z := 35;
bx1:= (1-u)^3*p0x+3*(1-u)^2*u*p1x+(3*(1-u))*u^2*p2x+u^3*p3x;
by1:= (1-u)^3*p0y+3*(1-u)^2*u*p1y+(3*(1-u))*u^2*p2y+u^3*p3y;
```



```

bz1:= (1-u)^3*p0z+3*(1-u)^2*u*p1z+(3*(1-u))*u^2*p2z+u^3*p3z;
b3 := plot3d([bx1*cos(v), by1*sin(v), bz1], u = 0 .. 1, v =
0 .. 2*Pi);
display(b3,style=surface, axes = none, labels = [x, y, z]);

```

Permukaan Putar Kurva Bezier Berderajat 4

```

p0x := 7; p0y := 7; p0z := 25;
p1x := 8; p1y := 8; p1z := 26;
p2x := 10; p2y := 10; p2z := 27;
p3x := 4; p3y := 4; p3z := 28;
p4x := 5; p4y := 5; p4z := 29;
bx1      := (1-t)^4*p0x+4*t*(1-t)^3*p1x+6*t^2*(1-
t)^2*p2x+4*t^3*(1-t)*p3x+t^4*p4x;
by1      := (1-t)^4*p0y+4*t*(1-t)^3*p1y+6*t^2*(1-
t)^2*p2y+4*t^3*(1-t)*p3y+t^4*p4y;
bz1      := (1-t)^4*p0z+4*t*(1-t)^3*p1z+6*t^2*(1-
t)^2*p2z+4*t^3*(1-t)*p3z+t^4*p4z;
b1 := plot3d([bx1*cos(v), by1*sin(v), bz1], t = 0 .. 1, v =
0 .. 2*Pi);
display(b1,axes=frame,labels=[x,y,z],scaling = constrained);

```

```

p0x := 7; p0y := 7; p0z := 96;
p1x := 8; p1y := 8; p1z := 97;
p2x := 10; p2y := 10; p2z := 98;
p3x := 10; p3y := 10; p3z := 100;
p4x := 9; p4y := 9; p4z := 105;
bx1      := (1-t)^4*p0x+4*t*(1-t)^3*p1x+6*t^2*(1-
t)^2*p2x+4*t^3*(1-t)*p3x+t^4*p4x;
by1      := (1-t)^4*p0y+4*t*(1-t)^3*p1y+6*t^2*(1-
t)^2*p2y+4*t^3*(1-t)*p3y+t^4*p4y;
bz1      := (1-t)^4*p0z+4*t*(1-t)^3*p1z+6*t^2*(1-
t)^2*p2z+4*t^3*(1-t)*p3z+t^4*p4z;
b1 := plot3d([bx1*cos(v), by1*sin(v), bz1], t = 0 .. 1, v =
0 .. 2*Pi);
display(b1,axes=frame,labels=[x,y,z],scaling = constrained);

```

Permukaan Putar Kurva Bezier Berderajat 5

```

p0x := 5; p0y := 5; p0z := 32;
p1x := 7; p1y := 7; p1z := 33;
p2x := 8; p2y := 8; p2z := 40;
p3x := 5; p3y := 5; p3z := 48;
p4x := 4; p4y := 4; p4z := 55;
p5x := 5; p5y := 5; p5z := 60;

```

```

bx1      :=      (1-t)^5*p0x+5*t*(1-t)^4*p1x+10*t^2*(1-
t)^3*p2x+10*t^3*(1-t)^2*p3x+5*t^4*(1-t)*p4x+t^5*p5x;
by1      :=      (1-t)^5*p0y+5*t*(1-t)^4*p1y+10*t^2*(1-
t)^3*p2y+10*t^3*(1-t)^2*p3y+5*t^4*(1-t)*p4y+t^5*p5y;
bz1      :=      (1-t)^5*p0z+5*t*(1-t)^4*p1z+10*t^2*(1-
t)^3*p2z+10*t^3*(1-t)^2*p3z+5*t^4*(1-t)*p4z+t^5*p5z;
b1 := plot3d([bx1*cos(v), by1*sin(v), bz1], t = 0 .. 1, v =
0 .. 2*Pi);
display(b1, axes = frame, labels = [x, y, z]);

```

Permukaan Putar Kurva Bezier Berderajat 6

```

p0x := 9; p0y := 9; p0z := 40;
p1x := 15; p1y := 15; p1z := 45;
p2x := -7; p2y := -7; p2z := 50;
p3x := 15; p3y := 15; p3z := 70;
p4x := 6; p4y := 6; p4z := 75;
p5x := 5; p5y := 5; p5z := 80;
p6x := 6; p6y := 6; p6z := 90;
bx1      :=      (1-t)^6*p0x+6*t*(1-t)^5*p1x+15*t^2*(1-
t)^4*p2x+20*t^3*(1-t)^3*p3x+15*t^4*(1-t)^2*p4x+6*t^5*(1-
t)*p5x+t^6*p6x;
by1      :=      (1-t)^6*p0y+6*t*(1-t)^5*p1y+15*t^2*(1-
t)^4*p2y+20*t^3*(1-t)^3*p3y+15*t^4*(1-t)^2*p4y+6*t^5*(1-
t)*p5y+t^6*p6y;
bz1      :=      (1-t)^6*p0z+6*t*(1-t)^5*p1z+15*t^2*(1-
t)^4*p2z+20*t^3*(1-t)^3*p3z+15*t^4*(1-t)^2*p4z+6*t^5*(1-
t)*p5z+t^6*p6z;
b3 := plot3d([bx1*cos(v), by1*sin(v), bz1], t = 0 .. 1, v =
0 .. 2*Pi);
display(b3, labels = [x, y, z], scaling = constrained, axes =
frame);

```

E.3 Kurva Hermit

```

h1 := 2*u^3-3*u^2+1;
h2 := -2*u^3+3*u^2;
h3 := u^3-2*u^2+u;
h4 := u^3-u^2;
c1 := h1*p0x+h2*p1x+h3*pd0x+h4*pd1x;
c2 := h1*p0y+h2*p1y+h3*pd0y+h4*pd1y;
c3 := h1*p0z+h2*p1z+h3*pd0z+h4*pd1y;
b2 := plot3d([c1*cos(v), c2*sin(v), c3], u = 0 .. 1, v = 0
.. 2*Pi);

```

E.4 Penggabungan Kurva Bezier dan Kurva Hermit

- Kurva Bezier derajat 3 – kurva Hermit kubik – kurva Bezier derajat 3

Script Maple 18 kurva Bezier berderajat 3 dan kurva Hermit seperti pada Lampiran E.2 dan E.3 dengan titik kontrol:

Kurva Bezier Derajat 3: $P(0) = 7,7,25$, $P(1) = 8,8,26$, $P(2) = 4,4,27$, dan $P(3) = 5,5,28$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $P(0) = 5,5,28$, $P(1) = 5,5,30$, $P^u(0) = 3,3,3$, dan $P^u(1) = 3,3,3$.

Kurva Bezier Derajat 3: $P(0) = 5,5,30$, $P(1) = 6,6,31$, $P(2) = 8,8,32$, dan $P(3) = 5,5,33$.
- Kurva Bezier derajat 4 – kurva Hermit kubik – kurva Bezier derajat 3

Script Maple 18 kurva Bezier berderajat 4 dan 3 seperti pada Lampiran E.2.

Script kurva Hermit seperti pada Lampiran E.3 dengan titik kontrol :

Kurva Bezier Derajat 4: $P(0) = 7,7,25$, $P(1) = 8,8,26$, $P(2) = 10,10,27$, dan $P(3) = 5,5,28$, $P(4) = 6,6,29$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $P(0) = 6,6,29$, $P(1) = 7,7,32$, $P^u(0) = 4,4,4$, dan $P^u(1) = -4, -3,3$.

Kurva Bezier Derajat 3: $P(0) = 7,7,32$, $P(1) = 6,6,33$, $P(2) = 5,5,34$, dan $P(3) = 5,5,35$.
- Kurva Bezier derajat 3 – kurva Hermit kubik – kurva Bezier derajat 5

Script Maple 18 kurva Bezier berderajat 3 dan 5 seperti pada Lampiran E.2.

Script kurva Hermit seperti pada Lampiran E.3 dengan titik kontrol :

Kurva Bezier Derajat 3: $P(0) = 7,7,25$, $P(1) = 4,4,27$, $P(2) = 4,4,28$, dan $P(3) = 5,5,29$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $P(0) = 5,5,29$, $P(1) = 5,5,32$, $P^u(0) = 3,3,3$, dan $P^u(1) = 5,5,5$.

Kurva Bezier Derajat 5: $P(0) = 5,5,32$, $P(1) = 6,6,33$, $P(2) = 3,3,40$, dan $P(3) = 3,3,48$, $P(4) = 7,7,55$, $P(5) = 5,5,60$.

- Kurva Bezier derajat 3 – kurva Hermit kubik – kurva Bezier derajat 6

Script Maple 18 kurva Bezier berderajat 3 dan 6 seperti pada Lampiran E.2.

Script kurva Hermit seperti pada Lampiran E.3 dengan titik kontrol :

Kurva Bezier Derajat 3: $\mathbf{P}(0) = 7,7,0$, $\mathbf{P}(1) = 8,8,3$, $\mathbf{P}(2) = 6,6,7$, dan $\mathbf{P}(3) = 7,7,10$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 7,7,10$, $\mathbf{P}(1) = 6,6,15$, $\mathbf{P}^u(0) = 3,3,9$, dan $\mathbf{P}^u(1) = -6, -6,6$.

Kurva Bezier Derajat 6: $\mathbf{P}(0) = 6,6,15$, $\mathbf{P}(1) = 5,5,16$, $\mathbf{P}(2) = -2, -2,20$, dan $\mathbf{P}(3) = 12,12,22$, $\mathbf{P}(4) = 7,7,25$, $\mathbf{P}(5) = 6,6,27$, $\mathbf{P}(6) = 5,5,30$.
- Kurva Bezier derajat 4 – kurva Hermit kubik – kurva Bezier derajat 4

Script Maple 18 kurva Bezier berderajat 4 dan kurva Hermit seperti pada Lampiran E.2 dan E.3 dengan titik kontrol:

Kurva Bezier Derajat 4: $\mathbf{P}(0) = 6,6,0$, $\mathbf{P}(1) = 6,6,2$, $\mathbf{P}(2) = 4,4,7$, dan $\mathbf{P}(3) = 6,6,9$, $\mathbf{P}(4) = 7,7,10$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 7,7,10$, $\mathbf{P}(1) = 7,7,15$, $\mathbf{P}^u(0) = 4,4,4$, dan $\mathbf{P}^u(1) = -4, -4,4$.

Kurva Bezier Derajat 4: $\mathbf{P}(0) = 7,7,15$, $\mathbf{P}(1) = 6,6,16$, $\mathbf{P}(2) = 4,4,18$, dan $\mathbf{P}(3) = 6,6,20$, $\mathbf{P}(4) = 6,6,25$.
- Kurva Bezier derajat 4 – kurva Hermit kubik – kurva Bezier berderajat 5

Script Maple 18 kurva Bezier berderajat 4 dan 5 seperti pada Lampiran E.2.

Script kurva Hermit seperti pada Lampiran E.3 dengan titik kontrol :

Kurva Bezier Derajat 4: $\mathbf{P}(0) = 7,7,25$, $\mathbf{P}(1) = 8,8,26$, $\mathbf{P}(2) = 10,10,27$, dan $\mathbf{P}(3) = 5,5,28$, $\mathbf{P}(4) = 6,6,29$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 6,6,29$, $\mathbf{P}(1) = 6,6,32$, $\mathbf{P}^u(0) = 4,4,4$, dan $\mathbf{P}^u(1) = 5,5,5$.

Kurva Bezier Derajat 5: $\mathbf{P}(0) = 6,6,32$, $\mathbf{P}(1) = 7,7,33$, $\mathbf{P}(2) = 8,8,40$, dan $\mathbf{P}(3) = 5,5,48$, $\mathbf{P}(4) = 4,4,55$, $\mathbf{P}(5) = 5,5,60$.

- Kurva Bezier derajat 6 – kurva Hermit kubik – kurva Bezier derajat 4

Script Maple 18 kurva Bezier berderajat 4 dan 6 seperti pada Lampiran E.2.

Script kurva Hermit seperti pada Lampiran E.3 dengan titik kontrol :

Kurva Bezier Derajat 4: $\mathbf{P}(0) = 7,7,95$, $\mathbf{P}(1) = 8,8,96$, $\mathbf{P}(2) = 10,10,98$, dan $\mathbf{P}(3) = 10,10,100$, $\mathbf{P}(4) = 9,9,105$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 6,6,90$, $\mathbf{P}(1) = 7,7,95$, $\mathbf{P}^u(0) = 6,6,12$, dan $\mathbf{P}^u(1) = 4,4,4$.

Kurva Bezier Derajat 6: $\mathbf{P}(0) = 9,9,40$, $\mathbf{P}(1) = 15,15,45$, $\mathbf{P}(2) = -7, -7,50$, dan $\mathbf{P}(3) = 15,15,70$, $\mathbf{P}(4) = 6,6,75$, $\mathbf{P}(5) = 5,5,88$, $\mathbf{P}(6) = 6,6,90$.
- Kurva Bezier derajat 5 – kurva Hermit kubik – kurva Bezier derajat 5

Script Maple 18 kurva Bezier berderajat 5 seperti pada Lampiran E.2.

Script kurva Hermit seperti pada Lampiran E.3 dengan titik kontrol :

Kurva Bezier Derajat 5: $\mathbf{P}(0) = 5,5,10$, $\mathbf{P}(1) = 4,4,15$, $\mathbf{P}(2) = 7,7,20$, dan $\mathbf{P}(3) = 7,7,27$, $\mathbf{P}(4) = 4,4,31$, $\mathbf{P}(5) = 5,5,32$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 5,5,32$, $\mathbf{P}(1) = 6,6,35$, $\mathbf{P}^u(0) = 5,5,5$, dan $\mathbf{P}^u(1) = 5,5,5$.

Kurva Bezier Derajat 5: $\mathbf{P}(0) = 6,6,35$, $\mathbf{P}(1) = 7,7,36$, $\mathbf{P}(2) = 8,8,38$, dan $\mathbf{P}(3) = 5,5,40$, $\mathbf{P}(4) = 4,4,45$, $\mathbf{P}(5) = 5,5,50$.
- Kurva Bezier derajat 5 – kurva Hermit kubik – kurva Bezier derajat 6

Script Maple 18 kurva Bezier berderajat 5 dan 6 seperti pada Lampiran E.2.

Script kurva Hermit seperti pada Lampiran E.3 dengan titik kontrol :

Kurva Bezier Derajat 5: $\mathbf{P}(0) = 5,5,35$, $\mathbf{P}(1) = 7,7,38$, $\mathbf{P}(2) = 8,8,40$, dan $\mathbf{P}(3) = 5,5,43$, $\mathbf{P}(4) = 4,4,47$, $\mathbf{P}(5) = 5,5,50$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 6,6,30$, $\mathbf{P}(1) = 5,5,35$, $\mathbf{P}^u(0) = -6, -6,6$, dan $\mathbf{P}^u(1) = 10,10,15$.

Kurva Bezier Derajat 6: $\mathbf{P}(0) = 5,5,0$, $\mathbf{P}(1) = 10,10,5$, $\mathbf{P}(2) = 7,7,10$, dan $\mathbf{P}(3) = 2,2,15$, $\mathbf{P}(4) = 8,8,20$, $\mathbf{P}(5) = 7,7,29$, $\mathbf{P}(6) = 6,6,30$.

- Kurva Bezier derajat 6 – kurva Hermit kubik – kurva Bezier derajat 6
Script Maple 18 kurva Bezier berderajat 6 seperti pada Lampiran E.2.
Script kurva Hermit seperti pada Lampiran E.3 dengan titik kontrol :
 Kurva Bezier Derajat 6: $P(0) = 9,9,40$, $P(1) = 10,10,42$, $P(2) = -5, -5,43$, dan $P(3) = 15,15,45$, $P(4) = 6,6,48$, $P(5) = 5,5,5,58$,
 $P(6) = 6,6,60$.
 Kurva Hermit Bagian Tengah: $P(0) = 6,6,60$, $P(1) = 8,8,65$, $P^u(0) = 3,3,12$, dan $P^u(1) = -3, -3,6$.
 Kurva Bezier Derajat 6: $P(0) = 9,9,40$, $P(1) = 10,10,42$, $P(2) = -5, -5,43$, dan $P(3) = 15,15,45$, $P(4) = 6,6,48$, $P(5) = 5,5,5,58$,
 $P(6) = 6,6,60$.

Lampiran F. Perangkaian Seluruh Komponen Tiang

F.1 Model 1 Sumbu Pemodelan Sumbu-z

1. BAGIAN ALAS (DILATASI PRISMA SEGI ENAM BERATURAN)
Script seperti pada Lampiran C.1
2. BAGIAN KAKI (PRISMA SEGI EMPAT POLA BUNGA TENGAH CEMBUNG POJOK CEKUNG)
Script seperti pada Lampiran B.3 dengan nilai cekung ($c = 6$) dan cembung ($c = 16$)
3. BAGIAN PENYANGGA
 - a) Puntiran Segi Enam $\theta = 90^\circ$ Model 1 (*Script* seperti pada Lampiran C.2)
 - b) Tabung Pada Sumbu-z (*Script* seperti pada Lampiran D.1 dengan $r = 5$, $t = 67 - 90$; $r = 8$, $t = 125 - 130$; dan $r = 5$, $t = 130 - 160$.)
 - c) Lingkaran Penutup Tabung:


```
l2:=plot3d([r*cos(u), r*sin(u), 125], r=0..8, u=0..2*Pi):
l3:=plot3d([r*cos(u), r*sin(u), 130], r=0..8, u=0..2*Pi):
```
4. BAGIAN PENGHUBUNG
 - a) Penghubung 1 = Kurva Bezier berderajat 3 (*Script* seperti pada Lampiran E dengan nilai $P(0) = 9,9,25$, $P(1) = 12,12,27$, $P(2) = 12,12,28$, dan $P(3) = 9,9,30$.)

- b) Penghubung 2 = Kurva Bezier 3 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 3

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier Bagian Bawah: $\mathbf{P}(0) = 7,7,60$, $\mathbf{P}(1) = 8,8,61$, $\mathbf{P}(2) = 4,4,62$, dan $\mathbf{P}(3) = 5,5,63$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 5,5,63$, $\mathbf{P}(1) = 5,5,65$, $\mathbf{P}^u(0) = 3,3,3$, dan $\mathbf{P}^u(1) = 3,3,3$.

Kurva Bezier Bagian Atas: $\mathbf{P}(0) = 5,5,65$, $\mathbf{P}(1) = 6,6,66$, $\mathbf{P}(2) = 8,8,67$, dan $\mathbf{P}(3) = 5,5,67$.

- c) Penghubung 3 = Kurva Bezier 4 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 5

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier Derajat 4: $\mathbf{P}(0) = 5,5,90$, $\mathbf{P}(1) = 8,8,91$, $\mathbf{P}(2) = 10,10,92$, dan $\mathbf{P}(3) = 4,4,93$, $\mathbf{P}(4) = 5,5,94$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 5,5,94$, $\mathbf{P}(1) = 6,6,97$, $\mathbf{P}^u(0) = 4,4,4$, dan $\mathbf{P}^u(1) = 5,5,5$.

Kurva Bezier Derajat 5: $\mathbf{P}(0) = 6,6,97$, $\mathbf{P}(1) = 7,7,98$, $\mathbf{P}(2) = 8,8,105$, dan $\mathbf{P}(3) = 5,5,113$, $\mathbf{P}(4) = 4,4,120$, $\mathbf{P}(5) = 5,5,125$.

- d) Penghubung 4 = Kurva Bezier Berderajat 4

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

$\mathbf{P}(0) = 5,5,160$, $\mathbf{P}(1) = 10,10,161$, $\mathbf{P}(2) = 10,10,162$, dan $\mathbf{P}(3) = 10,10,163$, $\mathbf{P}(4) = 5,5,164$.

5. BAGIAN PAPAN

```
t_1 := 160: t_2 := 185:
x1:=u*(-30)+(1-u)*30:   y1:=u*(0)+(1-u)*0:   z1:=u*t_1+(1-u)*t_1:
x2:=u*(-30)+(1-u)*30:   y2:=u*(0)+(1-u)*0:   z2:=u*t_2+(1-u)*t_2:
l4:= plot3d([t*cos(u), r*sin(u), 164], r=0..5, u=0..2*Pi):
plang := plot3d([v*x1+(1-v)*x2, v*y1+(1-v)*y2, v*z1+(1-v)*z2], u=0..1, v=0..1), l4:
display(alas, kaki, penghubung1, puntir, penghubung2, penghubung3, penghubung4, t1, t2, t3, plang, l2, l3, style=surface, axes=none);
```

F.2 Model 2 Sumbu Pemodelan Sumbu-z

1. BAGIAN ALAS (PRISMA SEGI EMPAT LENGKUNG POJOK)

Script seperti pada Lampiran B.2

2. BAGIAN KAKI (PRISMA SEGI EMPAT POLA BUNGA CEKUNG)

Script seperti pada Lampiran B.3 dengan nilai cekung ($c = 6$)

3. BAGIAN PENYANGGA

a) Puntiran Segi Enam $\theta = 60^\circ$ (*Script* seperti pada Lampiran C.2 dengan $t = 105 - 150$)

b) Tabung Pada Sumbu-z (*Script* seperti pada Lampiran D.1 dengan $r = 5$, $t = 158 - 180$)

4. BAGIAN PENGHUBUNG

a) Penghubung 1 = Kurva Bezier 6 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 4

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier Derajat 4: $\mathbf{P}(0) = 7,7,95$, $\mathbf{P}(1) = 8,8,96$, $\mathbf{P}(2) = 10,10,98$, dan $\mathbf{P}(3) = 10,10,100$, $\mathbf{P}(4) = 9,9,105$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 6,6,90$, $\mathbf{P}(1) = 7,7,95$, $\mathbf{P}^u(0) = 6,6,12$, dan $\mathbf{P}^u(1) = 4,4,4$.

Kurva Bezier Derajat 6: $\mathbf{P}(0) = 9,9,40$, $\mathbf{P}(1) = 15,15,45$, $\mathbf{P}(2) = -7, -7,50$, dan $\mathbf{P}(3) = 15,15,70$, $\mathbf{P}(4) = 6,6,75$, $\mathbf{P}(5) = 5,5,80$, dan $\mathbf{P}(6) = 6,6,90$.

Lingkaran sebagai penutup:

```
l1:=plot3d([r*cos(u), r*sin(u), 105], r=0..9, u=0..2*Pi, color="Gold");
```

b) Penghubung 2 = Kurva Bezier 3 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 3

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier Bagian Bawah: $\mathbf{P}(0) = 9,9,150$, $\mathbf{P}(1) = 8,8,151$, $\mathbf{P}(2) = 4,4,152$, dan $\mathbf{P}(3) = 5,5,153$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 5,5,153$, $\mathbf{P}(1) = 5,5,155$, $\mathbf{P}^u(0) = 3,3,3$, dan $\mathbf{P}^u(1) = 3,3,3$.

Kurva Bezier Bagian Atas: $\mathbf{P}(0) = 5,5,155$, $\mathbf{P}(1) = 6,6,156$, $\mathbf{P}(2) = 8,8,157$, dan $\mathbf{P}(3) = 5,5,158$.

Lingkaran sebagai penutup:

```
l2:=plot3d([r*cos(u),r*sin(u),150],r=0..9,u=0..2*Pi,color="Gold");
```

c) Penghubung 3 = Kurva Bezier 4 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 3

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier Derajat 4: $P(0) = 5,5,180$, $P(1) = 8,8,183$, $P(2) = 10,10,185$, dan $P(3) = 4,4,187$, $P(4) = 5,5,188$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $P(0) = 5,5,188$, $P(1) = 5,5,191$, $P^u(0) = 4,4,4$, dan $P^u(1) = 6,6,3$.

Kurva Bezier Derajat 3: $P(0) = 5,5,191$, $P(1) = 7,7,192$, $P(2) = 8,8,195$, dan $P(3) = 5,5,200$.

Lingkaran sebagai penutup:

```
l3:=plot3d([r*cos(u),r*sin(u),200],r=0..5,u=0..2*Pi,color="Gold");
```

5. BAGIAN PAPAN

```
t_1 := 192: t_2 := 222:
x1:=u*(-30)+(1-u)*30: y1:=u*(0)+(1-u)*0: z1:=u*t_1+(1-u)*t_1:
x2:=u*(-30)+(1-u)*30: y2:=u*(0)+(1-u)*0: z2:=u*t_2+(1-u)*t_2:
plang := plot3d([v*x1+(1-v)*x2,v*y1+(1-v)*y2,v*z1+(1-v)*z2],u=0..1,v=0..1,color="SkyBlue"):
display(alas,kaki,penghubung1,penghubung2,penghubung3,t1,plang,puntir,style=surface,axes=none);
```

F.3 Model 3 Sumbu Pemodelan Sumbu-z

1. BAGIAN ALAS (DILATASI PRISMA SEGI EMPAT)

Script seperti pada Lampiran B.1

2. BAGIAN KAKI (PRISMA SEGI EMPAT POLA BUNGA CEMBUNG)

Script seperti pada Lampiran B.3

3. BAGIAN PENYANGGA

a) Puntiran Segi Enam

$\theta = 30^\circ$ Model 1 (*Script* seperti pada Lampiran C.2 dengan $t = 50 - 80$)

$\theta = 90^\circ$ Model 1 (*Script* seperti pada Lampiran C.2 dengan $t = 100 - 150$ dengan nilai $c = 10$)

b) Tabung Pada Sumbu- z (*Script* seperti pada Lampiran D.1 dengan $r = 11$, $t = 35 - 50$; dan $r = 7$, $t = 185 - 190$).

c) Lingkaran Penutup Tabung:

```
l1:=plot3d([r*cos(u),r*sin(u),50],r=0..11,u=0..2*Pi,
color="OliveDrab"):
l5:=plot3d([r*cos(u),r*sin(u),185],r=0..11,u=0..2*Pi,
color="Gold"):
l6:=plot3d([r*cos(u),r*sin(u),190],r=0..11,u=0..2*Pi,
color="OliveDrab"):
```

4. BAGIAN PENGHUBUNG

a) Penghubung 1 = Kurva Bezier 4 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 3

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier Derajat 4: $P(0) = 10,10,80$, $P(1) = 12,12,83$, $P(2) = 10,10,85$, dan $P(3) = 7,7,87$, $P(4) = 8,8,88$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $P(0) = 8,8,88$, $P(1) = 8,8,91$, $P^u(0) = 4,4,4$, dan $P^u(1) = 6,6,3$.

Kurva Bezier Derajat 3: $P(0) = 8,8,91$, $P(1) = 10,10,92$, $P(2) = 12,12,95$, dan $P(3) = 10,10,100$.

Lingkaran sebagai penutup:

```
l2:=plot3d([r*cos(u),r*sin(u),80],r=0..10,u=0..2*Pi,
color="Gold"):
l3:=plot3d([r*cos(u),r*sin(u),100],r=0..10,u=0..2*Pi):
```

b) Penghubung 2 = Kurva Bezier 6 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 4

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier Derajat 4: $P(0) = 10,10,150$, $P(1) = 8,8,151$, $P(2) = 10,10,152$, dan $P(3) = 4,4,153$, $P(4) = 5,5,154$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $P(0) = 5,5,154$, $P(1) = 5,5,157$, $P^u(0) = 4,4,4$, dan $P^u(1) = 10,10,5$.

Kurva Bezier Derajat 5: $P(0) = 5,5,157$, $P(1) = 7,7,158$, $P(2) = 8,8,165$, dan $P(3) = 5,5,173$, $P(4) = 4,4,180$, $P(5) = 5,5,185$.

Lingkaran sebagai penutup:

```
l4:=plot3d([r*cos(u),r*sin(u),150],r=0..10,u=0..2*Pi,
color="Gold");
```

5. BAGIAN PAPAN

```
t_1 := 185: t_2 := 215:
x1:=u*(-30)+(1-u)*30: y1:=u*(0)+(1-u)*0: z1:=u*t_1+(1-
u)*t_1:
x2:=u*(-30)+(1-u)*30: y2:=u*(0)+(1-u)*0: z2:=u*t_2+(1-
u)*t_2:
plang := plot3d([v*x1+(1-v)*x2,v*y1+(1-v)*y2,v*z1+(1-
v)*z2],u=0..1,v=0..1,color="SkyBlue"):
display(alas,kaki,puntir1,puntir2,penghubung1,penghubung2
,tabung2,plang ,style=surface,axes=none);
```

F.4 Model 4 Sumbu Pemodelan Sumbu-z dan Sumbu-x

1. BAGIAN ALAS (TABUNG)

Tabung Pada Sumbu-z (*Script* seperti pada Lampiran D.1 dengan $r = 20$,
 $t = 0 - 15$)

Lingkaran sebagai penutup tabung:

```
l1:=plot3d([r*cos(u),r*sin(u),0],u=0..2*Pi,r=0..20):
l2:=plot3d([r*cos(u),r*sin(u),15],u=0..2*Pi,r=0..20):
alas:=display(t1,l1,l2,color="PaleVioletRed");
```

2. BAGIAN KAKI

a) PRISMA SEGI EMPAT POLA BUNGA POJOK CEMBUNG-TENGAH CEKUNG

Script seperti pada Lampiran B.3 dengan nilai lengkung cembung $c = 16$
dan lengkung cekung $c = 6$

b) PRISMA SEGI ENAM BERATURAN

```
x1 := -5*u+(1-u)*5; y1 := u*(-5*sqrt(3))+(1-u)*(-
5*sqrt(3)); z1 := u*t1+(1-u)*t1;
x2 := -5*u+(1-u)*5; y2 := u*(-5*sqrt(3))+(1-u)*(-
5*sqrt(3)); z2 := u*t2+(1-u)*t2;
x3 := 5*u+(1-u)*10; y3 := u*(-5*sqrt(3))+(1-u)*0; z3 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x4 := 5*u+(1-u)*10; y4 := u*(-5*sqrt(3))+(1-u)*0; z4 :=
u*t2+(1-u)*t2;
x5 := 5*u+(1-u)*10; y5 := 5*u*sqrt(3)+(1-u)*0; z5 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x6 := 5*u+(1-u)*10; y6 := 5*u*sqrt(3)+(1-u)*0; z6 :=
u*t2+(1-u)*t2;
```



```

x7 := 5*u+(1-u)*(-5); y7 := 5*u*sqrt(3)+5*(1-u)*sqrt(3);
z7 := u*t1+(1-u)*t1;
x8 := 5*u+(1-u)*(-5); y8 := 5*u*sqrt(3)+5*(1-u)*sqrt(3);
z8 := u*t2+(1-u)*t2;
x9 := -5*u+(1-u)*(-10); y9 := 5*u*sqrt(3)+(1-u)*0; z9 :=
u*t1+(1-u)*t1;
x10 := -5*u+(1-u)*(-10); y10 := 5*u*sqrt(3)+(1-u)*0; z10
:= u*t2+(1-u)*t2;
x11 := -5*u+(1-u)*(-10); y11 := u*(-5*sqrt(3))+(1-u)*0;
z11 := u*t1+(1-u)*t1;
x12 := -5*u+(1-u)*(-10); y12 := u*(-5*sqrt(3))+(1-u)*0;
z12 := u*t2+(1-u)*t2;
a1 := plot3d([v*x1+(1-v)*x2, v*y1+(1-v)*y2, v*z1+(1-
v)*z6], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
b1 := plot3d([v*x3+(1-v)*x4, v*y3+(1-v)*y4, v*z3+(1-
v)*z4], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
c1 := plot3d([v*x5+(1-v)*x6, v*y5+(1-v)*y6, v*z5+(1-
v)*z6], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
d1 := plot3d([v*x7+(1-v)*x8, v*y7+(1-v)*y8, v*z7+(1-
v)*z8], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
e1 := plot3d([v*x9+(1-v)*x10, v*y9+(1-v)*y10, v*z9+(1-
v)*z10], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
f1 := plot3d([v*x11+(1-v)*x12, v*y11+(1-v)*y12,
v*z11+(1-v)*z12], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
tutupatas1 := plot3d([v*x6+(1-v)*x10, v*y6+(1-v)*y10,
v*z6+(1-v)*z10], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
tutupatas2 := plot3d([v*x4+(1-v)*x12, v*y4+(1-v)*y12,
v*z4+(1-v)*z12], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
tutupbawah1 := plot3d([v*x5+(1-v)*x9, v*y5+(1-v)*y9,
v*z5+(1-v)*z9], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
tutupbawah2 := plot3d([v*x3+(1-v)*x11, v*y3+(1-v)*y11,
v*z3+(1-v)*z11], u = 0 .. 1, v = 0 .. 1);
kaki2 := display(a1, b1, c1, d1, e1, f1, tutupatas1,
tutupatas2, tutupbawah1, tutupbawah2, labels = [x, y,
z], axes = frame, scaling = constrained, style =
surface);

```

3. BAGIAN PENYANGGA

a) Puntiran Segi Enam

$\theta = 60^\circ$ Model 1 (*Script* seperti pada Lampiran C.2 dengan $t = 45 - 80$ dan $t = 160 - 210$)

- b) Tabung Pada Sumbu-z (*Script* seperti pada Lampiran D.1 dengan $r = 7$,
 $t = 100 - 140$).

4. BAGIAN PENGHUBUNG

- a) Penghubung 1 = Kurva Bezier 4 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 3

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier Derajat 4: $P(0) = 10,10,80$, $P(1) = 12,12,83$, $P(2) = 10,10,85$, dan $P(3) = 7,7,87$, $P(4) = 8,8,88$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $P(0) = 8,8,88$, $P(1) = 8,8,91$, $P^u(0) = 4,4,4$, dan $P^u(1) = 6,6,3$.

Kurva Bezier Derajat 3: $P(0) = 8,8,91$, $P(1) = 10,10,92$, $P(2) = 12,12,95$, dan $P(3) = 10,10,100$.

Lingkaran sebagai penutup:

```
l2:=plot3d([r*cos(u), r*sin(u), 80], u=0..2*Pi, r=0..10,
color="Gold");
```

```
l3:=plot3d([r*cos(u), r*sin(u), 100], u=0..2*Pi, r=0..10):
```

- b) Penghubung 2 = Kurva Bezier 4 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 3

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier Derajat 4: $P(0) = 10,10,140$, $P(1) = 12,12,143$, $P(2) = 10,10,145$, dan $P(3) = 7,7,147$, $P(4) = 8,8,148$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $P(0) = 8,8,148$, $P(1) = 8,8,151$, $P^u(0) = 4,4,4$, dan $P^u(1) = 6,6,3$.

Kurva Bezier Derajat 3: $P(0) = 8,8,151$, $P(1) = 10,10,152$, $P(2) = 12,12,155$, dan $P(3) = 10,10,160$.

Lingkaran sebagai penutup:

```
l4:=plot3d([r*cos(u), r*sin(u), 140], u=0..2*Pi, r=0..10,
color="Gold");
```

```
l5:=plot3d([r*cos(u), r*sin(u), 160], u=0..2*Pi, r=0..10):
penghubung2:=display(b1, b2, b3, l4, l5, color="Gold");
```

- c) Penghubung 4 = Kurva Bezier Berderajat 3

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

$P(0) = 10,10,210$, $P(1) = 12,12,214$, $P(2) = 10,10,216$, dan $P(3) = 5,5,220$.

Lingkaran sebagai penutup:

```

l1:=plot3d([r*cos(u),r*sin(u),220],u=0..2*Pi,r=0..5):
l2:=plot3d([r*cos(u),r*sin(u),210],u=0..2*Pi,r=0..10):
tutup:=display(b1,l1,l2);

```

5. BAGIAN PAPAN

Tabung pada sumbu-x:

```

t3:=plot3d([x,4*cos(u),209+4*sin(u)],u=0..2*Pi,x=-
55..55,color="Gold"):
t4:=plot3d([x,7*cos(u),209+7*sin(u)],u=0..2*Pi,x=50..55,
color="Gold"):
t5:=plot3d([x,7*cos(u),209+7*sin(u)],u=0..2*Pi,x=-50..-
55,color="Gold"):

```

Lingkaran sebagai penutup tabung pada sumbu-x:

```

l3:=plot3d([50,7*cos(u),209+7*sin(u)],u=0..2*Pi,y=0..1):
l4:=plot3d([55,7*cos(u),209+7*sin(u)],u=0..2*Pi,y=0..1):
l5:=plot3d([-50,7*cos(u),209+7*sin(u)],u=0..2*Pi,
y=0..1):
l6:=plot3d([-55,7*cos(u),209+7*sin(u)],u=0..2*Pi,
y=0..1):

```

Papan:

```

t_1 := 179: t_2 := 209:
x1:=u*(-50)+(1-u)*50: y1:=u*(0)+(1-u)*0: z1:=u*t_1+(1-
u)*t_1:
x2:=u*(-50)+(1-u)*50: y2:=u*(0)+(1-u)*0: z2:=u*t_2+(1-
u)*t_2:
papan:= plot3d([v*x1+(1-v)*x2,v*y1+(1-v)*y2,v*z1+(1-
v)*z2],u=0..1,v=0..1):
#Bidang Segitiga
x3:=u*(50)+(1-u)*50: y3:=u*(0)+(1-u)*0: z3:=u*t_1+(1-
u)*t_2:
x4:=u*(60)+(1-u)*60: y4:=u*(0)+(1-u)*0: z4:=u*194+(1-
u)*194:
x5:=u*(-50)+(1-u)*(-50): y5:=u*(0)+(1-u)*0: z5:=u*t_1+(1-
u)*t_2:
x6:=u*(-60)+(1-u)*(-60): y6:=u*(0)+(1-u)*0: z6:=u*194+(1-
u)*194:
papansegitiga1 := plot3d([v*x3+(1-v)*x4,v*y3+(1-
v)*y4,v*z3+(1-v)*z4],u=0..1,v=0..1):
papansegitiga2 := plot3d([v*x5+(1-v)*x6,v*y5+(1-
v)*y6,v*z5+(1-v)*z6],u=0..1,v=0..1):
plang :=display(papan,papansegitiga1,papansegitiga2,
t3,t4,t5,l3,l4,l5,l6):

```

```
display(alas, kaki, kaki2, puntir, puntir2, penghubung1, penghu
bung2, penyanggatabung, tutup, plang , style=surface, axes=
none);
```

F.5 Model 5 Sumbu Pemodelan Sumbu-z, Sumbu-x dan Sumbu-y

1. BAGIAN ALAS (PRISMA SEGI EMPAT LENGKUNG POJOK)

Script seperti pada Lampiran B.2

2. BAGIAN KAKI (TABUNG)

Script seperti pada Lampiran D.1 dengan $r = 12$, dan $t = 20 - 25$

Lingkaran sebagai penutup tabung:

```
l1:=plot3d([r*cos(u), r*sin(u), 25], u=0..2*Pi, r=0..12):
kaki:=t1, l1;
```

3. BAGIAN PENYANGGA

a) Puntiran Segi Enam

$\theta = 30^\circ$ Model 1 (*Script* seperti pada Lampiran C.2 dengan $t = 25 - 50$)

$\theta = 90^\circ$ Model 1 (*Script* seperti pada Lampiran C.2 dengan $t = 115 - 150$)

b) Tabung Pada Sumbu-z (*Script* seperti pada Lampiran D.1 dengan $r = 6$, $t = 150 - 200$.)

4. BAGIAN PENGHUBUNG

a) Penghubung 1 = Kurva Bezier 6 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 6

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier atas: $\mathbf{P}(0) = 8,8,87$, $\mathbf{P}(1) = 7,7,88$, $\mathbf{P}(2) = 1,1,95$, dan $\mathbf{P}(3) = 12,12,100$, $\mathbf{P}(4) = 8,8,105$, $\mathbf{P}(5) = 6,6,110$, dan $\mathbf{P}(6) = 8,8,115$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 6,6,77$, $\mathbf{P}(1) = 8,8,87$, $\mathbf{P}^u(0) = 6,6,12$, dan $\mathbf{P}^u(1) = -6, -6,6$.

Kurva Bezier bawah: $\mathbf{P}(0) = 8,8,50$, $\mathbf{P}(1) = 9,9,55$, $\mathbf{P}(2) = -5, -5,58$, $\mathbf{P}(3) = 15,15,63$, $\mathbf{P}(4) = 6,6,68$, $\mathbf{P}(5) = 5,5,75$, dan $\mathbf{P}(6) = 6,6,77$.

b) Penghubung 2 = Kurva Bezier 4 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 3

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier Derajat 4: $\mathbf{P}(0) = 5,5,200$, $\mathbf{P}(1) = 12,12,203$, $\mathbf{P}(2) = 10,10,205$, dan $\mathbf{P}(3) = 7,7,207$, $\mathbf{P}(4) = 8,8,208$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $P(0) = 8,8,208$, $P(1) = 8,8,211$,
 $P^u(0) = 6,6,3$, dan $P^u(1) = 4,4,4$.

Kurva Bezier Derajat 3: $P(0) = 8,8,211$, $P(1) = 10,10,212$, $P(2) =$
 $12,12,215$, dan $P(3) = 10,10,220$.

Lingkaran sebagai penutup:

```
l2:=plot3d([r*cos(u), r*sin(u), 200], u=0..2*Pi, r=0..5):
l3:=plot3d([r*cos(u), r*sin(u), 220], u=0..2*Pi, r=0..10):
penghubung2:=display(b1,b2,b3,l2,l3,color="Gold");
```

5. BAGIAN PAPAN (BIDANG SEGI EMPAT DAN SEGI TIGA)

Tabung pada sumbu-x:

```
t3:=plot3d([x, 4*cos(u), 195+4*sin(u)], u=0..2*Pi, x=0..50,
color="Gold"):
t5:=plot3d([x, 6*cos(u), 195+6*sin(u)], u=0..2*Pi, x=50..55,
color="Gold"):
```

Tabung pada sumbu-y:

```
t6:=plot3d([6*cos(u), y, 195+6*sin(u)], u=0..2*Pi, y=-50..-
55, color="Gold"):
t7:=plot3d([6*cos(u), y, 195+6*sin(u)], u=0..2*Pi, y=50..55,
color="Gold"):
```

Lingkaran sebagai penutup tabung pada sumbu-x:

```
l4:=plot3d([50, 6*cos(u), 195+6*sin(u)], u=0..2*Pi, y=0..1):
l5:=plot3d([55, 6*cos(u), 195+6*sin(u)], u=0..2*Pi, y=0..1):
```

Lingkaran sebagai penutup tabung pada sumbu-y:

```
l6:=plot3d([6*cos(u), -50, 195+6*sin(u)], u=0..2*Pi,
y=0..1):
l7:=plot3d([6*cos(u), -55, 195+6*sin(u)], u=0..2*Pi,
y=0..1):
l8:=plot3d([6*cos(u), 50, 195+6*sin(u)], u=0..2*Pi,
y=0..1):
l9:=plot3d([6*cos(u), 55, 195+6*sin(u)], u=0..2*Pi,
y=0..1):
```

Papan:

```
t_1 := 165: t_2 := 195:
x1:=u*(11)+(1-u)*50: y1:=u*(0)+(1-u)*0: z1:=u*t_1+(1-
u)*t_1:
x2:=u*(11)+(1-u)*50: y2:=u*(0)+(1-u)*0: z2:=u*t_2+(1-
u)*t_2:
xa1:=u*(50)+(1-u)*50: ya1:=u*(0)+(1-u)*0: za1:=u*t_1+(1-
u)*t_1:
```

```

xa2:=u*(60)+(1-u)*60: ya2:=u*(0)+(1-u)*0: za2:=u*180+(1-
u)*180:
x3:=u*(0)+(1-u)*0: y3:=u*(11)+(1-u)*50: z3:=u*t_1+(1-
u)*t_2:
x4:=u*(0)+(1-u)*0: y4:=u*(11)+(1-u)*50: z4:=u*t_2+(1-
u)*t_2:
xa3:=u*(0)+(1-u)*0: ya3:=u*(50)+(1-u)*50: za3:=u*t_1+(1-
u)*t_2:
xa4:=u*(0)+(1-u)*0: ya4:=u*(60)+(1-u)*60: za4:=u*180+(1-
u)*180:
x5:=u*(0)+(1-u)*(0): y5:=u*(-50)+(1-u)*(-11):
z5:=u*t_1+(1-u)*t_1:
x6:=u*(0)+(1-u)*(0): y6:=u*(-50)+(1-u)*(-11):
z6:=u*t_2+(1-u)*t_2:
xa5:=u*(0)+(1-u)*(0): ya5:=u*(-50)+(1-u)*(-51):
za5:=u*t_1+(1-u)*t_2:
xa6:=u*(0)+(1-u)*(0): ya6:=u*(-60)+(1-u)*(-60):
za6:=u*180+(1-u)*180:
papan:= plot3d([v*x1+(1-v)*x2,v*y1+(1-v)*y2,v*z1+(1-
v)*z2],u=0..1,v=0..1):
papan2:= plot3d([v*x3+(1-v)*x4,v*y3+(1-v)*y4,v*z3+(1-
v)*z4],u=0..1,v=0..1):
papan3:= plot3d([v*x5+(1-v)*x6,v*y5+(1-v)*y6,v*z5+(1-
v)*z6],u=0..1,v=0..1):
papansegitiga := plot3d([v*xa1+(1-v)*xa2,v*ya1+(1-
v)*ya2,v*za1+(1-v)*za2],u=0..1,v=0..1):
papansegitiga2 := plot3d([v*xa3+(1-v)*xa4,v*ya3+(1-
v)*ya4,v*za3+(1-v)*za4],u=0..1,v=0..1):
papansegitiga3:= plot3d([v*xa5+(1-v)*xa6,v*ya5+(1-
v)*ya6,v*za5+(1-v)*za6],u=0..1,v=0..1):
plang
:=display(t3,t4,t5,t6,14,15,16,17,18,19,papan,papansegitiga,
papansegitiga2,papansegitiga3,papan2,papan3,labels=[x,
y,z]):

```

F.6 Model 6 Sumbu Pemodelan Sumbu-z dan Sumbu-x

1. BAGIAN ALAS (DILATASI PRISMA SEGI EMPAT)

Script seperti pada Lampiran B.1

2. BAGIAN KAKI (PRISMA SEGI EMPAT POLA BUNGA POJOK CEMBUNG - TENGAH CEKUNG)

Script seperti pada Lampiran B.3 dengan $t = 10 - 45$

3. BAGIAN PENYANGGA

a) Puntiran Segi Enam

$\theta = 30^\circ$ Model 1 (*Script* seperti pada Lampiran C.2 dengan $t = 45 - 80$
dan $t = 140 - 175$)

$\theta = 90^\circ$ Model 1 (*Script* seperti pada Lampiran C.2 dengan $t = 90 - 130$)

b) Tabung Pada Sumbu-z (*Script* seperti pada Lampiran D.1 dengan $r = 6$,
 $t = 150 - 200$; dan $r = 8$, $t = 175 - 185$)

4. BAGIAN PENGHUBUNG

a) Penghubung 1 = Kurva Bezier 4 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 3

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier Derajat 4: $\mathbf{P}(0) = 7,7,80$, $\mathbf{P}(1) = 8,8,81$, $\mathbf{P}(2) = 10,10,82$, dan $\mathbf{P}(3) = 4,4,83$, $\mathbf{P}(4) = 5,5,84$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 5,5,84$, $\mathbf{P}(1) = 5,5,87$, $\mathbf{P}^u(0) = 4,4,4$, dan $\mathbf{P}^u(1) = 6,6,3$.

Kurva Bezier Derajat 3: $\mathbf{P}(0) = 5,5,87$, $\mathbf{P}(1) = 7,7,88$, $\mathbf{P}(2) = 8,8,89$, dan $\mathbf{P}(3) = 5,5,90$.

b) Penghubung 2 = Kurva Bezier 4 – Kurva Hermit 3 – Kurva Bezier 3

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

Kurva Bezier Derajat 4: $\mathbf{P}(0) = 7,7,130$, $\mathbf{P}(1) = 8,8,131$, $\mathbf{P}(2) = 10,10,132$, dan $\mathbf{P}(3) = 4,4,133$, $\mathbf{P}(4) = 5,5,134$.

Kurva Hermit Bagian Tengah: $\mathbf{P}(0) = 5,5,134$, $\mathbf{P}(1) = 5,5,137$, $\mathbf{P}^u(0) = 4,4,4$, dan $\mathbf{P}^u(1) = 6,6,3$.

Kurva Bezier Derajat 3: $\mathbf{P}(0) = 5,5,137$, $\mathbf{P}(1) = 7,7,138$, $\mathbf{P}(2) = 8,8,139$, dan $\mathbf{P}(3) = 5,5,140$.

c) Penghubung 3 = Kurva Bezier Berderajat 4

Script seperti pada Lampiran E.3 dengan nilai titik kontrol:

$\mathbf{P}(0) = 6,6,185$, $\mathbf{P}(1) = 9,9,187$, $\mathbf{P}(2) = 10,10,188$, dan $\mathbf{P}(3) = 9,9,189$, $\mathbf{P}(4) = 6,6,190$.

5. BAGIAN PAPAN

Tabung pada sumbu-x:

```
t2:=plot3d([x, 5*cos(u), 188+5*sin(u)], u=0..2*Pi, x=-50..50, color="Gold");
```



```
t3:=plot3d([x,7*cos(u),188+7*sin(u)],u=0..2*Pi,x=50..55,
color="Gold"):
t4:=plot3d([x,7*cos(u),188+7*sin(u)],u=0..2*Pi,x=-50..-
55,color="Gold"):
```

Lingkaran sebagai penutup tabung pada sumbu-x:

```
l1:=plot3d([50,7*cos(u),188+7*sin(u)],u=0..2*Pi,y=0..1):
l2:=plot3d([55,7*cos(u),188+7*sin(u)],u=0..2*Pi,y=0..1):
l3:=plot3d([-50,7*cos(u),188+7*sin(u)],u=0..2*Pi,
y=0..1):
l4:=plot3d([-55,7*cos(u),188+7*sin(u)],u=0..2*Pi,
y=0..1):
```

Papan:

```
t_1 := 188: t_2 := 218:
x1:=u*(-45)+(1-u)*45: y1:=u*(0)+(1-u)*0: z1:=u*t_1+(1-
u)*t_1:
x2:=u*(-45)+(1-u)*45: y2:=u*(0)+(1-u)*0: z2:=u*t_2+(1-
u)*t_2:
papan:= plot3d([v*x1+(1-v)*x2,v*y1+(1-v)*y2,v*z1+(1-
v)*z2],u=0..1,v=0..1):
plang
:=display(t2,t3,t4,l1,l2,l3,l4,papan,labels=[x,y,z]):
display(alas,kaki,puntir,penghubung1,penghubung2,penghubu
ng3,puntir2,puntir3,plang ,style=surface,axes= none);
```