



**MODELISASI LAMPU DINDING MELALUI
PENGABUNGAN HASIL DEFORMASI
BENDA-BENDA GEOMETRI
DAN KURVA BEZIER**

Skripsi

Oleh :

Christine Fatmasari

NIM 161810101011

JURUSAN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**MODELISASI LAMPU DINDING MELALUI
PENGABUNGAN HASIL DEFORMASI
BENDA-BENDA GEOMETRI
DAN KURVA BEZIER**

SKRIPSI

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

Oleh

Christine Fatmasari

NIM 161810101011

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

2020

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. kedua orang tua tercinta, Bapak Kris Margo Luhur dan Ibu Titin Tri Hastuti, terimakasih atas doa, pengorbanan dan kasih sayang yang telah diberikan;
2. adikku Hendra Permana yang telah memberikan semangat dan membantu dalam penyelesaian skripsi ini;
3. seluruh guru dan dosen sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang telah memberikan banyak ilmu bermanfaat;
4. almamater Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, SMA Negeri Mojoagung Jombang, SMP Negeri 1 Bojonegoro, SD Negeri Kadipaten 2, dan TK Pertiwi;
5. teman-teman Misdirection'16.

MOTTO

“Orang boleh salah, agar dengan demikian ia berpeluang menemukan kebenaran
dengan proses autentiknya sendiri”

(Emha Ainun Najib)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Christine Fatmasari

NIM : 161810101011

menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Modelisasi Lampu Dinding Melalui Penggabungan Hasil Deformasi Benda-Benda Geometri dan Kurva Bezier” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun. Saya bertanggungjawab atas kesalahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, Juli 2020

Yang menyatakan,

Christine Fatmasari

NIM 161810101011

SKRIPSI

**MODELISASI LAMPU DINDING MELALUI
PENGABUNGAN HASIL DEFORMASI
BENDA-BENDA GEOMETRI
DAN KURVA BEZIER**

Oleh

Christine Fatmasari

NIM 16181010111

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Modelisasi Lampu Dinding Melalui Penggabungan Hasil Deformasi Benda-Benda Geometri dan Kurva Bezier” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota 1,

Bagus Juliyanto, S.Si., M.Si.
NIP 198007022003121001

Dr. Firdaus Ubaidillah, S.Si., M.Si.
NIP 19700606 1998031003

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Mohamad Fatekurohman, S.Si., M.Si.
NIP 196906061998031001

Kusbudiono, S.Si., M.Si.
NIP 197704302005011001

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.
NIP 195910091986021001

RINGKASAN

Modelisasi Lampu Dinding Melalui Penggabungan Hasil Deformasi Benda-Benda Geometri dan Kurva Bezier; Christine Fatmasari; 161810101011; 2020; 63 Halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Lampu merupakan suatu benda yang berfungsi sebagai penerangan. Bentuk dan jenis lampu sangat beragam, tergantung pada fungsi dan penempatannya. Jenis lampu yang dirancang untuk dipasang pada dinding disebut lampu dinding. Penempatan lampu dinding yang tepat dapat menambah keindahan ruangan. Secara umum, lampu dinding terdiri dari bagian dudukan, penghubung dan kap lampu. Tujuan dari penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan beragam bentuk bagian-bagian lampu dinding menggunakan teknik hasil deformasi benda-benda geometri dan kurva Bezier sehingga lebih bervariasi.

Modelisasi lampu dinding dibagi menjadi tiga tahapan seperti berikut. Pertama, membangun beberapa benda dasar sebagai bagian dudukan, penghubung dan kap lampu. Kedua, merangkai benda dasar komponen lampu dinding. Tahapan terakhir yaitu dilakukan modelisasi lampu dinding dengan bantuan program.

Hasil penelitian ini mendapatkan metode hitung untuk memodelisasi lampu dinding. Pertama, untuk mendesain bermacam-macam bentuk bagian lampu dinding dari benda dasar kerucut, prisma segisepuluh, tabung dan balok adalah sebagai berikut (a) Membangun kurva Bezier, (b) Menginterpolasikan masing-masing kurva batas. Kedua, langkah-langkah perangkaian bagian-bagian lampu dinding pada dua jenis sumbu pemodelan adalah sebagai berikut. Membagi sumbu menjadi dua segmen yang diperlukan sebagai sumbu bagian dudukan, penghubung dan kap lampu. Selanjutnya, mengisi setiap segmen sumbu dengan bagian-bagian lampu dinding sehingga menghasilkan model lampu dinding yang bervariasi.

PRAKATA

Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Modelisasi Lampu Dinding Melalui Penggabungan Hasil Deformasi Benda-Benda Geometri dan Kurva Bezier”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam 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 ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. keluarga besar, terutama kedua orang tua, dan adik atas kasih sayang, doa, motivasi, dan segala pengorbanan;
2. Bagus Juliyanto, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Firdaus Ubaidillah, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan skripsi;
3. Dr. Mohamad Fatekurohman, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji I dan Kusbudiono, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi;
4. Dr. Agustina Pradjaningsih, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan selama menjadi mahasiswa;
5. seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember;
6. guru-guru yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan do'a selama ini;
7. saudara, Tika Khairani dan Ramadhani Rizky yang telah memberikan motivasi, dan doa;
8. sahabat Matriks, Putri Rahma N., Maulidyah Lailatun N., Sonia Nurdiansa, M. Bagus F., Nor Amalliyah, Siti Lutfia L., Rokhmatul Istiqomah, Salsabila, Gilang Ramadhan yang telah memberikan semangat;
9. pejuang skripsi Geometri Rancang Bangun (Rokhmatul, Siti Lutfia, Nadhila, Annisa, Vika);

10. teman – teman Misdirection'16 (angkatan 2016) Jurusan Matematika Fakultas MIPA yang telah memberikan dukungan;
11. teman – teman SMA Negeri Mojoagung di Jember atas semangat yang diberikan;
12. teman – teman Kos Muslim Khairunnisa atas semangat yang diberikan;
13. semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Kritik dan saran yang membangun penulis terima dari pembaca. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penyajian Garis dan Bidang di R^3.....	5
2.1.1 Penyajian Segmen Garis dan Kedudukan Titik pada Segmen Garis di Ruang.....	5
2.1.2 Penyajian Bidang dan Posisi Titik pada Garis Tegak Lurus Bidang	6
2.2 Penyajian Tabung, Kerucut, Balok, Prisma Segisepuluh, dan Torus	8
2.2.1 Penyajian Tabung	8
2.2.2 Penyajian Kerucut.....	10
2.2.3 Penyajian Balok	10

2.2.4 Penyajian Prisma Segisepuluh	11
2.2.5 Penyajian Torus	14
2.3 Deformasi.....	15
2.4 Kurva Bezier.....	16
2.5 Transformasi	17
2.5.1 Rotasi (perputaran)	17
2.5.2. Dilatasi (Penskalaan)	18
2.6 Interpolasi.....	19
2.7 Permukaan Putar.....	20
2.7 Konstruksi Objek pada Program.....	21
2.7.1 Penyajian Segmen Garis	21
2.7.2 Penyajian Permukaan Selimut Tabung	22
2.7.3 Penyajian Permukaan Bezier	22
2.7.4 Penyajian Permukaan Tidak Datar	23
2.7.5 Penyajian Interpolasi antara Dua Kurva	23
BAB 3. METODOLOGI.....	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Modelisasi Bagian Kap Lampu Dinding.....	29
4.1.1 Deformasi Kerucut.....	29
4.1.2 Deformasi Prisma Segisepuluh	33
4.2 Modelisasi Bagian Penghubung Lampu Dinding	34
4.2.1 Deformasi Tabung	34
4.3 Modelisasi Bagian Dudukan Lampu Dinding	36
4.3.1 Modelisasi Balok	36
4.4 Perangkaian Komponen Lampu Dinding pada Sumbu Pemodelan.....	39
4.4.1 Perangkaian Lampu Dinding dengan Kap Lampu Tunggal ...	40
4.4.2 Perangkaian Lampu Dinding dengan Kap Lampu Bertingkat	41
4.5 Pembahasan.....	47
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan.....	52

5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Komponen Lampu Dinding.....	1
Gambar 2. 1 Penyajian Segmen Garis di Ruang	5
Gambar 2. 2 Posisi Titik pada Segmen Garis	6
Gambar 2. 3 Bidang α yang Dibentuk dari Tiga Titik Tidak Segaris.....	7
Gambar 2. 4 Posisi Titik pada Garis Tegak Lurus Bidang	8
Gambar 2. 5 Penyajian Tabung.....	8
Gambar 2. 6 Tabung dengan Berbagai Sumbu Pusat.....	9
Gambar 2. 7 Penyajian Kerucut	10
Gambar 2. 8 Penyajian Balok.....	11
Gambar 2. 9 Prisma dan Bagiannya.....	11
Gambar 2. 10 Penyajian Prisma Segisepuluh Beraturan.....	14
Gambar 2. 11 Penyajian torus dengan R jarak antar pusat	14
Gambar 2. 12 Jenis Deformasi	15
Gambar 2. 13 Teknik Deformasi.....	16
Gambar 2. 14 Ilustrasi Rotasi pada Sistem Koordinat Tangan Kanan.....	18
Gambar 2. 15 Contoh Kasus Interpolasi Linier Dua Segmen Garis	20
Gambar 2. 16 Interpolasi Linier pada Kurva	20
Gambar 2. 17 Permukaan Putar	20
Gambar 2. 18 Segmen Garis	21
Gambar 2. 19 Permukaan Selimut Tabung	22
Gambar 2. 20 Permukaan Bezier	23
Gambar 2. 21 Bidang Permukaan Tidak Datar	23
Gambar 2. 22 Interpolasi antara Dua Kurva	24
Gambar 3. 1 Deformasi Kerucut	25
Gambar 3. 2 Deformasi Prisma Segisepuluh	26
Gambar 3. 3 Deformasi Tabung.....	26
Gambar 3. 4 Deformasi Balok	26
Gambar 3. 5 Hasil Penggabungan Bagian Lampu Dinding	27
Gambar 3. 6 Skema Metode Penelitian.....	28

Gambar 4. 1 Model Kerucut Terpancung	30
Gambar 4. 2 Modifikasi Model Kerucut Terpancung Cembung	31
Gambar 4. 3 Modifikasi Model Kerucut Terpancung Cekung	32
Gambar 4. 4 Variasi Deformasi Kerucut.....	33
Gambar 4. 5 Deformasi Prisma Segisepuluh	34
Gambar 4. 6 Deformasi Tabung Model Pertama	35
Gambar 4. 7 Deformasi Tabung Model Kedua.....	35
Gambar 4. 8 Deformasi Balok Model Pertama.....	37
Gambar 4. 9 Deformasi Balok Model Kedua.....	38
Gambar 4. 10 Deformasi Balok Model Ketiga	39
Gambar 4. 11 Dua Sumbu Lampu Dinding dan Pembagiannya	42
Gambar 4. 12 Deformasi Kerucut	48
Gambar 4. 13 Deformasi Prisma Segisepuluh Perubahan Rusuk Tegak	49
Gambar 4. 14 Deformasi Tabung.....	49
Gambar 4. 15 Deformasi Balok dengan Perubahan Rusuk.....	50
Gambar 4. 16 Variasi Bentuk Lampu Dinding dengan Dua Sumbu Pemodelan ..	51

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Variasi Lampu Dinding yang dapat dibuat	43
Tabel 4. 2 Variasi Bentuk lampu Dinding Secara Utuh.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Modelisasi Bagian Kap Lampu Dinding	55
A. 1 Deformasi Kerucut Model Terpancung.....	55
A. 2 Deformasi Kerucut Model Terpancung Cembung	55
A. 3 Deformasi Kerucut Model Terpancung Cekung	55
A. 4 Penggabungan Variasi Deformasi Kerucut	56
A. 5 Deformasi Prisma Segisepuluh.....	56
Lampiran B. Modelisasi Bagian Penghubung Lampu Dinding	58
B. 1 Deformasi Tabung Model Pertama.....	58
B. 2 Deformasi Tabung Model Kedua.....	58
Lampiran C. Modelisasi Bagian Dudukan Lampu Dinding	58
C. 1 Modelisasi Balok Model Pertama.....	58
C. 2 Modelisasi Balok Model Kedua	59
C. 3 Modelisasi Balok Model Ketiga	60
Lampiran D. Modelisasi Komponen Lampu Dinding Menggunakan Dua Sumbu Pemodelan	61

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan dan kegunaan lampu sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Secara umum, lampu merupakan suatu benda yang berfungsi sebagai penerangan. Bentuk dan jenis lampu sangat beragam, tergantung pada fungsi dan penempatannya. Salah satu jenis lampu yang khusus dirancang untuk dipasang pada dinding yaitu lampu dinding.

Lampu dinding dapat ditempatkan di dalam maupun di luar ruangan. Penempatan lampu dinding yang tepat dapat menambah hiasan sekaligus keindahan ruangan, serta dapat membantu pencahayaan dari lampu utama. Lampu dinding juga akan menghemat listrik jika dibandingkan dengan lampu utama karena memiliki watt yang lebih kecil. Banyaknya bentuk dan model lampu dinding dapat menambah daya tarik serta keindahan. Bentuk lampu dinding yang telah ada saat ini sudah bagus dan memiliki banyak variasi. Sehubungan dengan itu, maka dapat dilakukan pengembangan variasi pada lampu dinding dengan berbagai teknik deformasi. Pada umumnya, lampu dinding tersusun dari tiga bagian, yaitu bagianudukan, penghubung, dan kap lampu (Gambar 1.1). Bagian dudukan berfungsi sebagai media tempel lampu pada dinding. Bagian penghubung berfungsi menghubungkan bagian dudukan dengan kap lampu. Sedangkan kap lampu berfungsi sebagai penutup lampu agar sinar yang dihasilkan oleh lampu tidak menyilaukan mata.



Gambar 1. 1 Komponen Lampu Dinding

Geometri adalah bagian dari matematika yang membahas mengenai titik, garis, bidang, dan ruang. Deformasi merupakan salah satu teknik pada geometri yang bertujuan untuk merubah bentuk benda awal menjadi benda baru dengan metode yang sesuai. Deformasi terdiri dari dua macam yaitu deformasi sebagian dan deformasi total (Jannah, 2019). Untuk mendeformasi suatu benda geometri dapat digunakan kurva, salah satunya yaitu menggunakan kurva Bezier. Kurva Bezier merupakan kurva yang memiliki parameter dan sering digunakan pada grafika komputer dan bidang yang berhubungan.

Beberapa penelitian yang membahas mengenai metode penggabungan hasil deformasi dari benda-benda geometri dan kurva Bezier yaitu Juhari (2015) meneliti tentang Penerapan Kurva Bezier Karakter Simetrik dan Putar Pada Model Kap Lampu Duduk. Hasil dari penelitian tersebut yaitu mengkonstruksi bentuk kap lampu duduk melalui penggabungan dan pemilihan parameter pengubah bentuk permukaan Bezier. Teknik deformasi yang digunakan dapat menghasilkan benda lampu duduk yang lebih bervariasi. Mumtazah (2018) menjelaskan mengenai Modelisasi Lampu Meja Menggunakan Kurva Bezier dan Teknik Deformasi Benda Geometri Ruang. Hasil dari penelitian tersebut yaitu mendesain beberapa bentuk komponen penyusun lampu meja dari modelisasi kurva Bezier dan teknik deformasi benda balok, tabung dan prisma segienam. Teknik deformasi yang digunakan dapat menghasilkan benda lampu meja yang lebih bervariasi. Jannah (2019) melakukan penelitian tentang Modelisasi Kursi Gantung dengan Penggabungan Hasil Deformasi Benda Geometri Ruang dan Kurva Bezier. Hasil dari penelitian tersebut yaitu mendesain beragam komponen bentuk kursi gantung dari benda torus, bola, dan tabung, kemudian digabung menggunakan kurva Bezier. Teknik deformasi yang digunakan dapat menghasilkan benda kursi gantung yang lebih bervariasi. Triadi (2020) membahas tentang Aplikasi Kurva Bezier pada Desain Botol Minuman. Hasil dari penelitian tersebut yaitu memodelkan bentuk botol minuman menggunakan kurva Bezier berderajat kurang dari atau sama dengan enam. Teknik deformasi yang digunakan dapat menghasilkan botol minuman yang lebih bervariasi.

Berdasarkan penelitian yang sudah ada, penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengembangan model lampu dinding dengan menggunakan kurva Bezier dan penggabungan hasil deformasi beberapa benda geometri sehingga menghasilkan model yang lebih bervariasi. Kurva Bezier yang digunakan pada penelitian ini yaitu kurva Bezier berderajat dua.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka didapatkan permasalahan modelisasi lampu dinding sebagai berikut.

- a. Diberikan benda geometri yaitu kerucut dan prisma segisepuluh. Dari benda geometri ruang tersebut, bagaimana metode hitung modelisasi kap lampu dinding menggunakan teknik deformasi dan kurva Bezier serta memvisualisasikan dalam program sehingga menghasilkan beberapa kap lampu dinding yang bervariasi?
- b. Diberikan sebuah tabung. Dari tabung tersebut, bagaimana metode hitung modelisasi bagian penghubung lampu dinding serta memvisualisasikan dalam program?
- c. Diberikan sebuah balok. Dari balok tersebut, bagaimana metode hitung modelisasi bagian dudukan pada lampu dinding menggunakan kurva Bezier serta memvisualisasikan dalam program?
- d. Bagaimana metode hitung penggabungan bagian kap lampu, penghubung, dan dudukan serta memvisualisasikan dalam program sehingga menghasilkan lampu dinding yang utuh dan variatif?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada modelisasi lampu dinding yaitu modelisasi bagian kap lampu, penghubung dan dudukan pada lampu dinding yang tidak memiliki variasi ketebalan.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mendapatkan metode hitung modelisasi kap lampu dinding dengan berbahan dasar kerucut dan prisma segisepuluh dari teknik deformasi dan kurva Bezier serta memvisualisasikan dalam program sehingga menghasilkan berbagai bentuk yang variatif.
- b. Mendapatkan metode hitung modelisasi bagian penghubung berbahan dasar tabung pada lampu dinding serta memvisualisasikan dalam program.
- c. Mendapatkan metode hitung modelisasi bagian dudukan dengan berbahan dasar balok serta memvisualisasikan dalam program.
- d. Mendapatkan metode hitung penggabungan kap lampu, penghubung, dan bagian dudukan pada lampu dinding yang bervariasi serta memvisualisasikan dalam program.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini sebagai berikut.

- a. Menambah wawasan serta pengetahuan mengenai modelisasi lampu dinding dengan bantuan komputer.
- b. Memberi informasi kepada pembaca mengenai beberapa model lampu dinding yang baru.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Sehubungan dengan permasalahan modelisasi lampu dinding yang telah dijelaskan pada Bab 1, maka pada bab ini disajikan teori dasar yang berkaitan dengan permasalahan tersebut. Teori dasar tersebut meliputi kajian mengenai persamaan garis dan bidang di R^3 , benda-benda ruang, deformasi, kurva Bezier, transformasi di bidang R^3 berupa dilatasi dan rotasi, interpolasi, dan visualisasi objek pada program. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam proses modelisasi lampu dinding.

2.1 Penyajian Garis dan Bidang di R^3

2.1.1 Penyajian Segmen Garis dan Kedudukan Titik pada Segmen Garis di Ruang

Segmen garis \overline{AB} yang dibangun oleh dua titik berbeda $A(x_1, y_1, z_1)$ dan $B(x_2, y_2, z_2)$ di ruang sebagai titik ujung-titik ujung segmen garis, dapat dinyatakan sebagai tempat kedudukan titik-titik $C(x, y, z)$ berikut (Gambar 2.1).

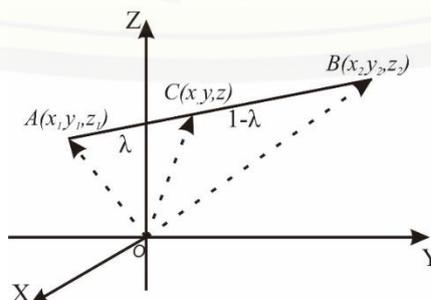
$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = (1 - \lambda) \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} + \lambda \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

dengan $\lambda \in [0,1]$ (Kusno, 2002).

Dari Persamaan (2.1) bentuk persamaan parametriknya adalah

$$\begin{aligned} x(\lambda) &= (1 - \lambda)x_1 + \lambda x_2 \\ y(\lambda) &= (1 - \lambda)y_1 + \lambda y_2 \\ z(\lambda) &= (1 - \lambda)z_1 + \lambda z_2. \end{aligned} \quad (2.2)$$

dengan $\lambda \in [0,1]$.



Gambar 2. 1 Penyajian Segmen Garis di Ruan

Apabila diketahui titik C terletak pada segmen garis \overline{PQ} dan membagi \overline{PQ} sehingga $|\overline{PC}|:|\overline{CQ}| = m:n$ (Gambar 2.2a), maka dapat diperoleh koordinat titik C dengan memandang \overline{PQ} sebagai posisi vektor. Jika \mathbf{p} adalah vektor posisi titik P , \mathbf{q} adalah vektor posisi titik Q , dan \mathbf{c} adalah vektor posisi titik C (Gambar 2.2b) maka

$$|\overline{PC}|:|\overline{CQ}| = m:n \rightarrow \overline{PC} = \frac{m}{m+n}\overline{PQ} \text{ dan } \overline{CQ} = \frac{n}{m+n}\overline{PQ},$$

$$\mathbf{c} + \overline{CQ} = \mathbf{q} \rightarrow \mathbf{c} = \mathbf{q} - \overline{CQ},$$

$$\mathbf{c} = \mathbf{q} - \frac{n}{m+n}\overline{PQ},$$

$$\overline{PQ} = \frac{m+n}{n}(\mathbf{q} - \mathbf{c}), \tag{2.3}$$

$$\mathbf{c} = \mathbf{p} + \overline{PC} = \mathbf{p} + \frac{m}{m+n}\overline{PQ}. \tag{2.4}$$

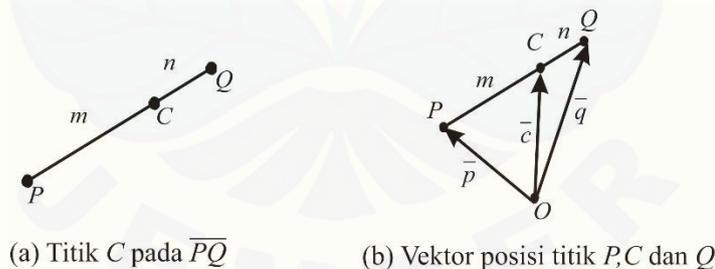
Substitusi Persamaan (2.3) ke Persamaan (2.4) sehingga didapat

$$\mathbf{c} = \mathbf{p} + \frac{m}{m+n} \cdot \frac{m+n}{n} (\mathbf{q} - \mathbf{c}) = \mathbf{p} + \frac{m}{n} (\mathbf{q} - \mathbf{c}),$$

$$\mathbf{c} \left(\frac{m+n}{n} \right) = \mathbf{p} + \frac{m}{n} \mathbf{q},$$

$$\mathbf{c} = \frac{n\mathbf{p} + m\mathbf{q}}{m+n}.$$

Jadi koordinat titik C adalah $\left(\frac{nx_1+mx_2}{m+n}, \frac{ny_1+my_2}{m+n}, \frac{nz_1+mz_2}{m+n} \right)$. (2.5)



Gambar 2. 2 Posisi Titik pada Segmen Garis

2.1.2 Penyajian Bidang dan Posisi Titik pada Garis Tegak Lurus Bidang

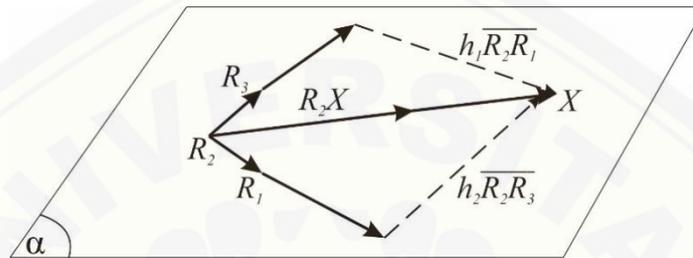
Bidang dapat dibangun dari tiga buah titik yang tidak segaris. Misal diketahui tiga buah titik yang terletak di bidang α dan tidak terletak pada satu garis yaitu, $R_1(x_1, y_1, z_1)$, $R_2(x_2, y_2, z_2)$, dan $R_3(x_3, y_3, z_3)$, maka persamaan parametrik bidang α sebagai berikut ini (Gambar 2.3).

$$\overrightarrow{R_2X} = h_1\overrightarrow{R_2R_1} + h_2\overrightarrow{R_2R_3}$$

$$\begin{bmatrix} x - x_1 \\ y - y_1 \\ z - z_1 \end{bmatrix} = h_1 \begin{bmatrix} x_1 - x_2 \\ y_1 - y_2 \\ z_1 - z_2 \end{bmatrix} + h_2 \begin{bmatrix} x_3 - x_2 \\ y_3 - y_2 \\ z_3 - z_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} x &= x_1 + h_1(x_1 - x_2) + h_2(x_3 - x_2) \\ y &= y_1 + h_1(y_1 - y_2) + h_2(y_3 - y_2) \\ z &= z_1 + h_1(z_1 - z_2) + h_2(z_3 - z_2) \end{aligned} \quad (2.6)$$

dengan h_1, h_2 bilangan real dengan batas $-\infty < h_1, h_2 < \infty$.



Gambar 2. 3 Bidang α yang Dibentuk dari Tiga Titik Tidak Segaris

Vektor yang selalu tegak lurus terhadap bidang α dengan panjang satu satuan disebut sebagai vektor normal satuan bidang ($\mathbf{n}_{\sigma u}$). Vektor $\mathbf{n}_{\sigma u}$ dapat dicari dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mathbf{n}_{\sigma u} &= \frac{\overrightarrow{R_2R_1}}{|\overrightarrow{R_2R_1}|} \times \frac{\overrightarrow{R_2R_3}}{|\overrightarrow{R_2R_3}|} \\ \mathbf{n}_{\sigma u} &= \left\langle \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}}, \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}}, \frac{c}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} \right\rangle \end{aligned} \quad (2.7)$$

dengan persamaan a, b , dan c sebagai berikut.

$$\begin{aligned} a &= y_1(z_3 - z_2) + y_2(z_1 - z_3) + y_3(z_2 - z_1) \\ b &= x_1(z_2 - z_3) + x_2(z_3 - z_1) + x_3(z_1 - z_2) \\ c &= x_1(y_3 - y_2) + x_2(y_1 - y_3) + x_3(y_2 - y_1). \end{aligned}$$

Jika terdapat titik $R_4(x_4, y_4, z_4)$ juga terletak pada bidang α , maka dapat dicari koordinat titik $S(x_s, y_s, z_s)$ yang terletak pada garis h tegak lurus bidang α dan melalui titik $R_4(x_4, y_4, z_4)$ dengan panjang $\overline{R_4S} = l$ menggunakan persamaan berikut (Gambar 2.4).

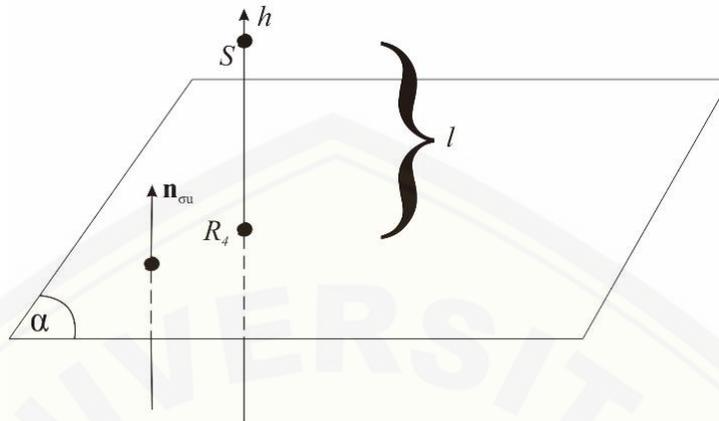
$$S = \left\langle \frac{l.a}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} + x_4, \frac{l.b}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} + y_4, \frac{l.c}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} + z_4 \right\rangle. \quad (2.8)$$

dengan persamaan a, b , dan c sebagai berikut:

$$a = y_1(z_3 - z_2) + y_2(z_1 - z_3) + y_3(z_2 - z_1)$$

$$b = x_1(z_2 - z_3) + x_2(z_3 - z_1) + x_3(z_1 - z_2)$$

$$c = x_1(y_3 - y_2) + x_2(y_1 - y_3) + x_3(y_2 - y_1).$$

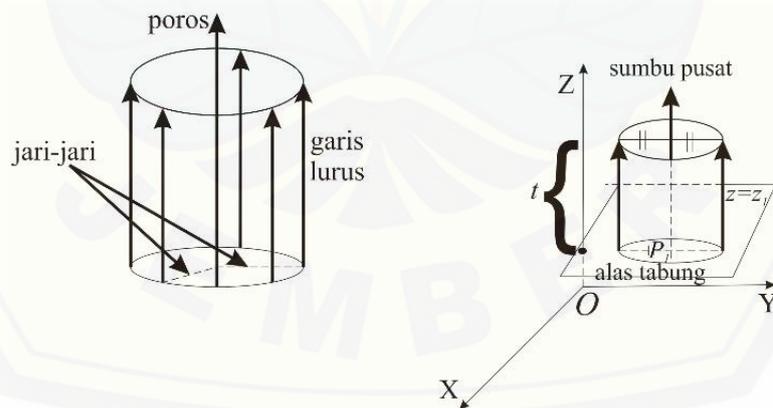


Gambar 2. 4 Posisi Titik pada Garis Tegak Lurus Bidang

2.2 Penyajian Tabung, Kerucut, Balok, Prisma Segisepuluh, dan Torus

2.2.1 Penyajian Tabung

Tabung dibangun oleh garis lurus yang sejajar dengan garis lurus tertentu (poros) yang bergerak sejajar dengan jari-jari yang konstan (Suryadi, 1986). Tabung dapat diartikan sebagai benda ruang tempat kedudukan garis-garis yang sejajar dan memiliki jarak yang sama terhadap garis (poros) tertentu (Gambar 2.5).



Gambar 2. 5 Penyajian Tabung

Menurut Juhari (2015), jika diketahui tabung dengan pusat alas $P_l(x_1, y_1, z_1)$, jari-jari R , dan tinggi t , maka persamaan parametrik tabung dapat dicari dengan cara sebagai berikut.

a. Jika alas terletak di bidang $z = z_1$ dan sumbu pusat tabung sejajar sumbu Z , maka untuk mencari persamaan parametrik tabung dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Gambar 2.6a).

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

$$L(\theta) = \langle x_1 + R \cos \theta, y_1 + R \sin \theta, z_1 \rangle \quad (2.9)$$

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

2) Translasi lingkaran (2.9) dari z_1 sampai $z_1 + t$ hingga terbentuk persamaan parametrik tabung.

$$T(\theta, z) = \langle x_1 + R \cos \theta, y_1 + R \sin \theta, z \rangle \quad (2.10)$$

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

b. Jika letak alas pada bidang $x = x_1$ dan sumbu pusat tabung sejajar sumbu X , maka untuk mencari persamaan parametrik tabung dapat dilakukan dengan mengulangi langkah (a) dan didapatkan persamaan (Gambar 2.6b).

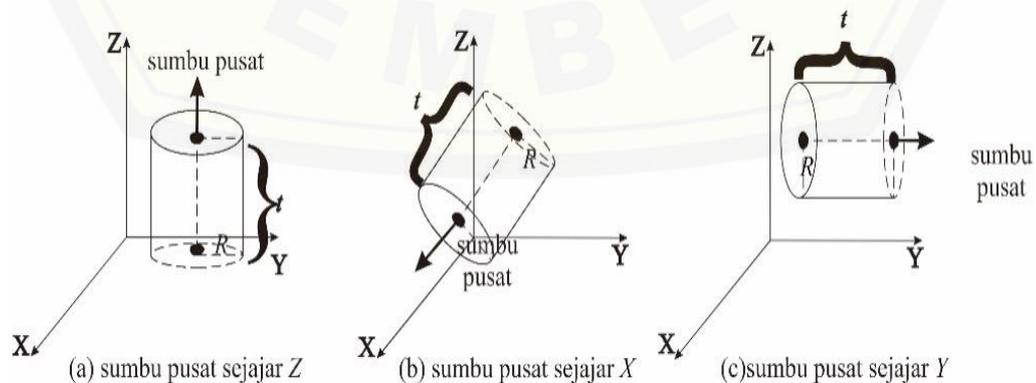
$$T(\theta, x) = \langle x, y_1 + R \cos \theta, z_1 + R \sin \theta \rangle \quad (2.11)$$

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

c. Jika alas terletak pada bidang $y = y_1$ dan sumbu pusat tabung sejajar sumbu Y , maka untuk mencari persamaan parametrik tabung dapat dilakukan dengan mengulangi langkah (a) dan didapatkan persamaan (Gambar 2.6c).

$$T(\theta, y) = \langle x_1 + R \cos \theta, y, z_1 + R \sin \theta \rangle \quad (2.12)$$

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



Gambar 2. 6 Tabung dengan Berbagai Sumbu Pusat

2.2.2 Penyajian Kerucut

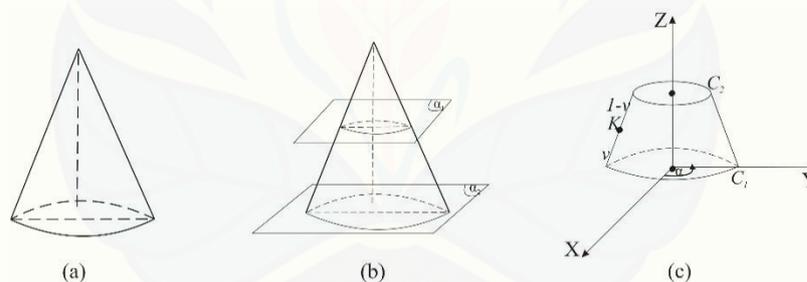
Menurut Kusno (2009), kerucut (permukaan konik) merupakan suatu permukaan yang dibangun oleh suatu garis (disebut generatik) digerakkan melalui sebuah titik tetap dan menyinggung sepanjang kurva satu arah C (kurva direktrik) dengan kondisi geometri tertentu. Titik tetap ini selanjutnya disebut puncak kerucut seperti pada Gambar 2.7(a).

Bagian kerucut yang dibatasi oleh alas kerucut dan penampang hasil pemotongan antara bidang α_1 sejajar alas dan α_2 memotong kerucut Gambar 2.7(b) disebut kerucut terpancung. Untuk mendapatkan kerucut terpancung dengan alas lingkaran digunakan rumus berikut.

$C_1(\theta) = \langle r_1 \cos(\theta), r_1 \sin(\theta), z_1 \rangle$ dan $C_2(\theta) = \langle r_2 \cos(\theta), r_2 \sin(\theta), z_2 \rangle$ dengan $0 \leq \theta \leq 2\pi, r_1 > r_2$ dan $z_1 < z_2$ seperti pada Gambar 2.7(c) dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$K(\theta, v) = (1 - v)C_1(\theta) + vC_2(\theta) \quad (2.13)$$

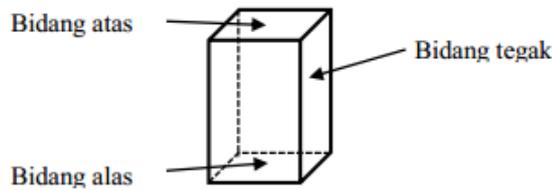
dengan $0 \leq v \leq 1, \theta$ adalah parameter.



Gambar 2. 7 Penyajian Kerucut

2.2.3 Penyajian Balok

Menurut Budiono (2011), balok merupakan suatu bangun ruang yang dibatasi oleh enam persegi panjang yang mempunyai sisi berimpit dengan tepat satu sisi yang lain dan membentuk sudut siku-siku. Persegi panjang dikatakan kongruen apabila sisi-sisinya sehadap. Bidang pada balok terdiri dari bidang alas, bidang atas, dan bidang tegak. Jarak antara bidang alas dan bidang atas disebut dengan tinggi balok (Gambar 2.8).

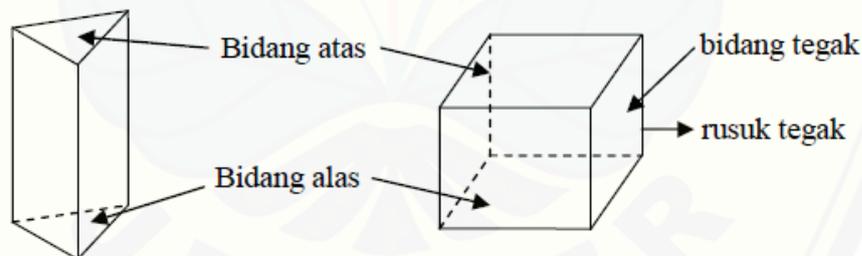


Gambar 2. 8 Penyajian Balok

2.2.4 Penyajian Prisma Segisepuluh

Polihedron (bidang banyak) merupakan gabungan dari sejumlah terhingga daerah-daerah segi banyak, sedemikian hingga setiap sisi dari suatu daerah segibanyak merupakan sebuah sisi dari tepat sebuah segibanyak yang lain, dan jika sisi-sisi dari daerah-daerah segibanyak tersebut berpotongan, maka sisi-sisi tersebut berpotongan pada satu titik atau pada sebuah sisi.

Polihedron dengan batas dua bidang sejajar dan beberapa bidang berpotongan dengan garis-garis potong sejajar merupakan sebuah prisma (Kusno, 2003:193). Bidang alas dan bidang atas merupakan dua bidang yang sejajar, bidang-bidang perpotongan disebut dengan bidang tegak, dan jarak antara bidang alas dan bidang atas dinamakan tinggi prisma (Gambar 2.9).



Gambar 2. 9 Prisma dan Bagiannya

Nama poligon yang menjadi bidang alas dan bidang atas pada prisma dijadikan sebagai penamaan prisma. Jika bidang alas dan bidang atas berbentuk segitiga, maka prisma tersebut disebut prisma segitiga. Sedangkan jika bidang alas dan bidang atas berbentuk segisepuluh, maka prisma tersebut disebut prisma segisepuluh.

Misalkan diketahui segisepuluh beraturan dengan koordinat titik-titik sudut $K_1(x_1, y_1, z_1)$, $K_2(x_2, y_2, z_2)$, $K_3(x_3, y_3, z_3)$, $K_4(x_4, y_4, z_4)$, $K_5(x_5, y_5, z_5)$,

$K_6(x_6, y_6, z_6)$, $K_7(x_7, y_7, z_7)$, $K_8(x_8, y_8, z_8)$, $K_9(x_9, y_9, z_9)$, dan $K_{10}(x_{10}, y_{10}, z_{10})$ sebagai alas prisma. Prisma segisepuluh dengan tinggi t dapat dikonstruksi dari data titik-titik tersebut dengan langkah-langkah sebagai berikut.

a. Menetapkan tiga titik K_1, K_2, K_3 dan vektor $\overrightarrow{K_1K_2}, \overrightarrow{K_3K_2}$ dengan

$$\overrightarrow{K_1K_2} = \langle x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1 \rangle,$$

$$\overrightarrow{K_3K_2} = \langle x_2 - x_3, y_2 - y_3, z_2 - z_3 \rangle.$$

b. Menghitung vektor normal bidang (\mathbf{n}_{a_u}) alas menggunakan persamaan

$$\mathbf{n}_{a_u} = \left\langle \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}}, \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}}, \frac{c}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} \right\rangle = \langle a_1, a_2, a_3 \rangle,$$

dengan

$$a = y_1(z_3 - z_2) + y_2(z_1 - z_3) + y_3(z_2 - z_1),$$

$$b = x_1(z_2 - z_3) + x_2(z_3 - z_1) + x_3(z_1 - z_2),$$

$$c = x_1(y_3 - y_2) + x_2(y_1 - y_3) + x_3(y_2 - y_1).$$

c. Mentranslasikan alas prisma dengan tinggi t sejajar $\mathbf{n}_{a_u} = \langle a_1, a_2, a_3 \rangle$ sehingga didapatkan bidang atas prisma dengan titik sudut $K_1', K_2', K_3', K_4', K_5', K_6', K_7', K_8', K_9'$ dan K_{10}' dengan persamaan (2.2) sehingga didapat:

$$\overrightarrow{OK_1'} = \overrightarrow{OK_1} \mathbf{n}_{a_u} \Rightarrow \overrightarrow{OK_1'} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix},$$

$$\overrightarrow{OK_2'} = \overrightarrow{OK_2} \mathbf{n}_{a_u} \Rightarrow \overrightarrow{OK_2'} = \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix},$$

$$\overrightarrow{OK_3'} = \overrightarrow{OK_3} \mathbf{n}_{a_u} \Rightarrow \overrightarrow{OK_3'} = \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix},$$

$$\overrightarrow{OK_4'} = \overrightarrow{OK_4} \mathbf{n}_{a_u} \Rightarrow \overrightarrow{OK_4'} = \begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \\ z_4 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix},$$

$$\overrightarrow{OK_5'} = \overrightarrow{OK_5} \mathbf{n}_{a_u} \Rightarrow \overrightarrow{OK_5'} = \begin{pmatrix} x_5 \\ y_5 \\ z_5 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix},$$

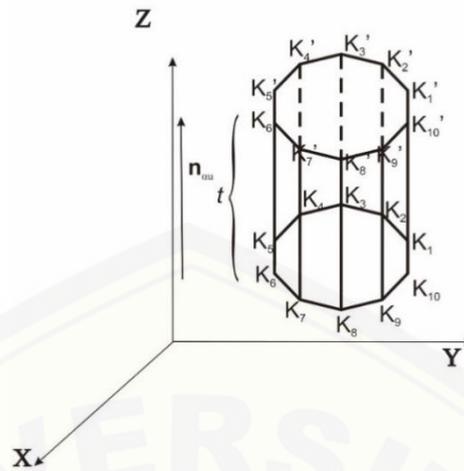
$$\overrightarrow{OK_6'} = \overrightarrow{OK_6} \mathbf{n}_{a_u} \Rightarrow \overrightarrow{OK_6'} = \begin{pmatrix} x_6 \\ y_6 \\ z_6 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix},$$

$$\begin{aligned}\overline{OK_7'} &= \overline{OK_7}n_{\alpha_u} \Rightarrow \overline{OK_7'} = \begin{pmatrix} x_7 \\ y_7 \\ z_7 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix}, \\ \overline{OK_8'} &= \overline{OK_8}n_{\alpha_u} \Rightarrow \overline{OK_8'} = \begin{pmatrix} x_8 \\ y_8 \\ z_8 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix}, \\ \overline{OK_9'} &= \overline{OK_9}n_{\alpha_u} \Rightarrow \overline{OK_9'} = \begin{pmatrix} x_9 \\ y_9 \\ z_9 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix}, \\ \overline{OK_{10}'} &= \overline{OK_{10}}n_{\alpha_u} \Rightarrow \overline{OK_{10}'} = \begin{pmatrix} x_{10} \\ y_{10} \\ z_{10} \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix}.\end{aligned}$$

- d. Menginterpolasi segmen-segmen garis pada bidang alas dan bidang atas prisma menggunakan persamaan (2.8) sehingga didapatkan sepuluh bidang persegi dengan persamaan

$$\begin{aligned}S_{K_1K_2K_1'K_2'}(u,v) &= (1-v)\overline{K_1K_2}(u) + v\overline{K_1'K_2'}(u), \\ S_{K_2K_3K_2'K_3'}(u,v) &= (1-v)\overline{K_2K_3}(u) + v\overline{K_2'K_3'}(u), \\ S_{K_3K_4K_3'K_4'}(u,v) &= (1-v)\overline{K_3K_4}(u) + v\overline{K_3'K_4'}(u), \\ S_{K_4K_5K_4'K_5'}(u,v) &= (1-v)\overline{K_4K_5}(u) + v\overline{K_4'K_5'}(u), \\ S_{K_5K_6K_5'K_6'}(u,v) &= (1-v)\overline{K_5K_6}(u) + v\overline{K_5'K_6'}(u), \\ S_{K_6K_7K_6'K_7'}(u,v) &= (1-v)\overline{K_6K_7}(u) + v\overline{K_6'K_7'}(u), \\ S_{K_7K_8K_7'K_8'}(u,v) &= (1-v)\overline{K_7K_8}(u) + v\overline{K_7'K_8'}(u), \\ S_{K_8K_9K_8'K_9'}(u,v) &= (1-v)\overline{K_8K_9}(u) + v\overline{K_8'K_9'}(u), \\ S_{K_9K_{10}K_9'K_{10}'}(u,v) &= (1-v)\overline{K_9K_{10}}(u) + v\overline{K_9'K_{10}'}(u), \\ S_{K_{10}K_1K_{10}'K_1'}(u,v) &= (1-v)\overline{K_{10}K_1}(u) + v\overline{K_{10}'K_1'}(u).\end{aligned}$$

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



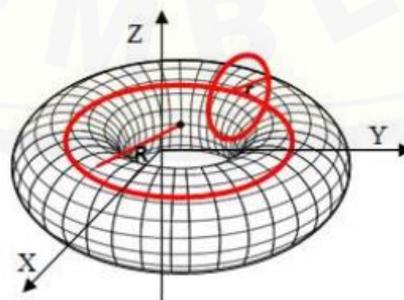
Gambar 2. 10 Penyajian Prisma Segisepuluh Beraturan

2.2.5 Penyajian Torus

Torus adalah suatu permukaan yang tercipta akibat gerakan rotasi dari suatu lingkaran yang berputar dalam ruang dimensi tiga (dengan sumbu putar yang berada secara coplanar atau sebidang dengan lingkaran itu sendiri). Pada umumnya, sumbu putarnya tidak menyentuh lingkaran tersebut, sehingga akan membentuk suatu cincin atau torus (Kusno, 2009). Dari definisi tersebut kita dapatkan persamaan parametrik dari torus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}x(u, v) &= (R + r \cos v) \cos u, \\y(u, v) &= (R + r \cos v) \sin u, \\z(u, v) &= r \sin v\end{aligned}\quad (2.14)$$

dimana $0 \leq u, v \leq 2\pi$, R adalah jarak antara pusat torus dan pusat lingkaran (tube) dan r adalah radius dari lingkaran yang diputar (tube).

Gambar 2. 11 Penyajian torus dengan R jarak antar pusat torus

2.3 Deformasi

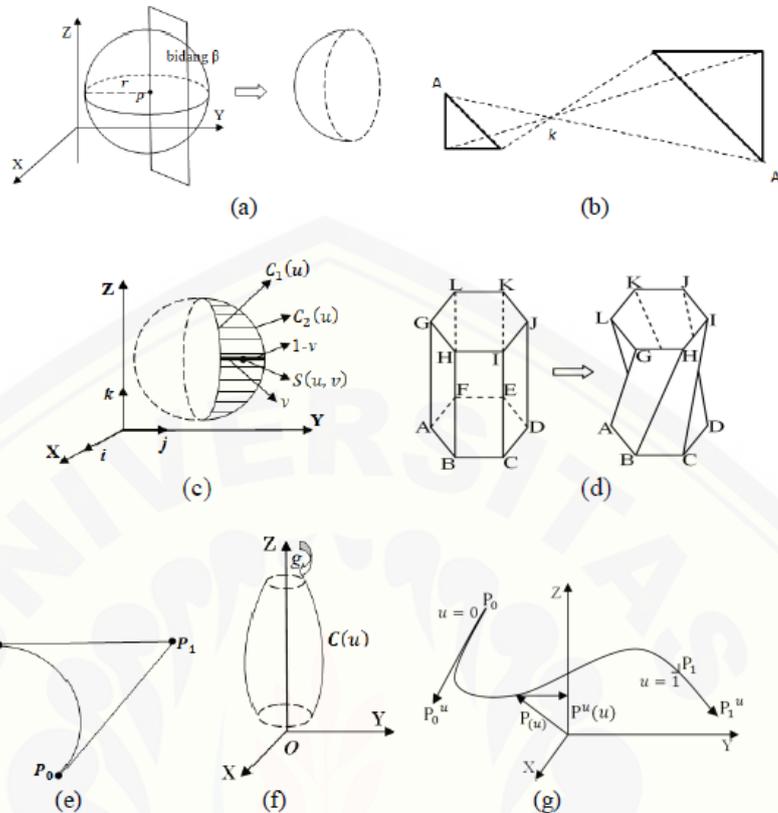
Deformasi merupakan suatu teknik yang bertujuan merubah bentuk awal menjadi bentuk yang baru. Deformasi dibagi menjadi dua jenis yaitu deformasi sebagian dan deformasi total. Deformasi sebagian adalah merubah bentuk (sebagian) sehingga bentuk yang dihasilkan tetap sebangun (Gambar 2.12(a)), sedangkan deformasi total adalah merubah semua bentuk suatu benda sehingga bentuk yang dihasilkan berbeda dari bentuk awal seperti pada Gambar 2.12(b) (Jannah, 2019).



Gambar 2. 12 Jenis Deformasi

Beberapa teknik deformasi sebagai berikut.

- Pemotongan : suatu metode dengan cara memotong suatu benda menggunakan bidang (Gambar 2.13(a)).
- Dilatasi : metode transformasi dengan cara memperbesar atau memperkecil benda tanpa merubah bentuk suatu benda (Gambar 2.13(b)).
- Interpolasi : suatu metode yang digunakan untuk membangun permukaan yang dibatasi titik, segmen atau kurva (Gambar 2.13(c)).
- Memuntir : suatu metode memutar salah satu atau kedua ujung benda bertentangan dengan arah jarum jam (Gambar 2.13(d)).
- Kurva Bezier : kurva yang dibentuk oleh dua titik tetap dan $(n - 1)$ titik kontrol, dengan n adalah derajat kurva (Gambar 2.13(e)).
- Memutar Kurva : memutar kurva terhadap sumbu putar yang telah ditentukan sesuai dengan keinginan (Gambar 2.13(f)).
- Kurva Hermit : kurva yang diperoleh dari koefisien aljabar dan fungsi faktorial (Gambar 2.13(g)).



Gambar 2. 13 Teknik Deformasi

2.4 Kurva Bezier

Kurva Bezier berderajat n $C(u)$ dinyatakan dalam bentuk:

$$C(u) = \sum_{i=0}^n P_i B_i^n(u), 0 \leq u \leq 1 \quad (2.15)$$

dengan

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

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

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

(Kusno, 2003 c)

Berikut merupakan hasil dari persamaan kurva Bezier berderajat $n = 2$:

$$C(u) = P_0(1 - u)^2 + P_1(2u(1 - u)) + P_2u^2$$

Berikut merupakan hasil dari persamaan kurva Bezier kuadratik.

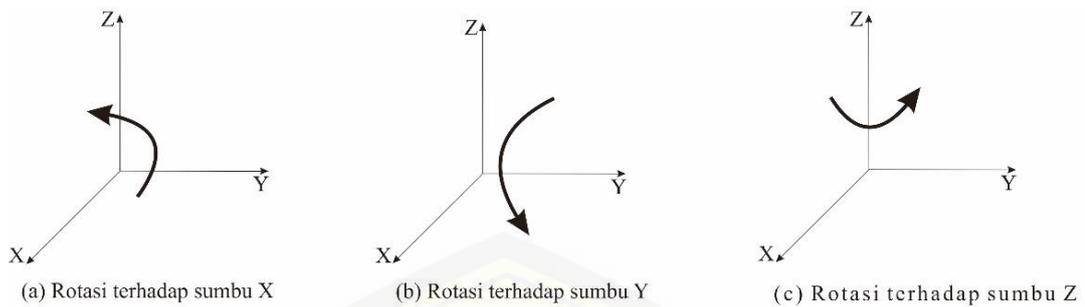
$$\begin{aligned}
C(u) &= \sum_{i=0}^2 \mathbf{P}_i B_i^2(u) \\
&= \mathbf{P}_0 B_0^2(u) + \mathbf{P}_1 B_1^2(u) + \mathbf{P}_2 B_2^2(u) \\
B_0^2(u) &= C_0^2 (1-u)^{2-0} \cdot u^0 \\
&= \frac{2!}{0!(2-0)!} (1-u)^2 \\
&= (1-u)^2 \\
B_1^2(u) &= C_1^2 (1-u)^{2-1} \cdot u^1 \\
&= \frac{2!}{1!(2-1)!} (1-u)^2 \cdot u \\
&= 2u(1-u) \\
B_2^2(u) &= C_2^2 (1-u)^{2-2} \cdot u^2 \\
&= \frac{2!}{2!(2-2)!} u^2 \\
&= u^2 \\
C(u) &= \mathbf{P}_0 (1-u)^2 + \mathbf{P}_1 (2u(1-u)) + \mathbf{P}_2 u^2
\end{aligned}$$

2.5 Transformasi

Transformasi adalah bagian dari geometri yang membahas tentang bentuk, letak, sifat, dan fungsi. Kegunaan dari transformasi yaitu untuk memindahkan suatu titik atau bangun pada suatu bidang. Transformasi bidang di R^3 terdiri dari rotasi, translasi, dilatasi, dan refleksi. Pada penelitian ini hanya menggunakan transformasi jenis rotasi dan dilatasi.

2.5.1 Rotasi (perputaran)

Dalam R^3 dikenal dengan dua sistem koordinat, yaitu sistem koordinat tangan kanan dan sistem koordinat tangan kiri. Pada sistem koordinat tangan kanan, rotasi bersudut positif dinyatakan sebagai berlawanan arah dengan arah putaran jarum jam. Sedangkan, pada sistem koordinat tangan kiri, rotasi bersudut positif dinyatakan sebagai searah dengan arah putaran jarum jam seperti pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Ilustrasi Rotasi pada Sistem Koordinat Tangan Kanan

Apabila titik pangkal rotasi $O(0,0,0)$ dan θ menunjukkan besarnya sudut rotasi, maka rotasi terhadap masing-masing sumbu dapat ditulis seperti berikut.

Rotasi terhadap sumbu x :

$$B_1 \begin{bmatrix} X_q \\ Y_q \\ Z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Rotasi terhadap sumbu y :

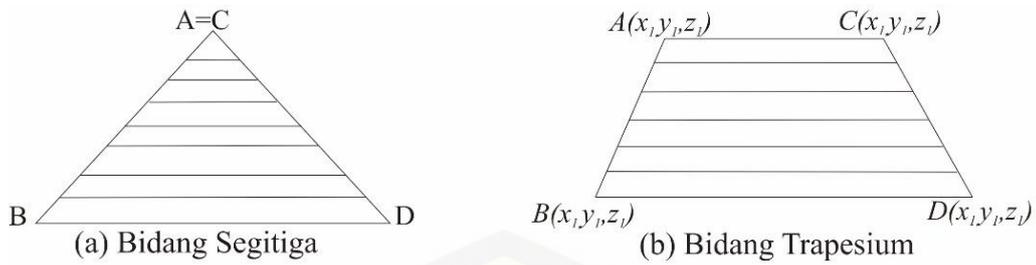
$$B_2 \begin{bmatrix} X_q \\ Y_q \\ Z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

Rotasi terhadap sumbu z :

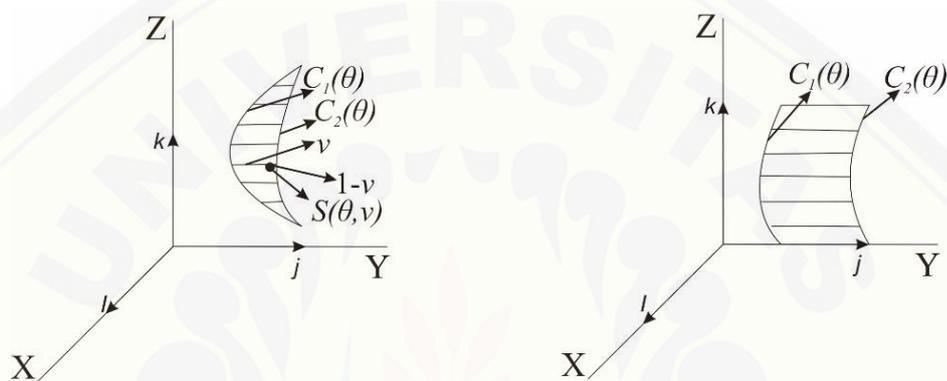
$$B_3 \begin{bmatrix} X_q \\ Y_q \\ Z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

2.5.2. Dilatasi (Penskalaan)

Dilatasi dapat diartikan sebagai proses memperkecil atau memperbesar suatu objek. Dilatasi dapat dilakukan pada sumbu X saja, sumbu Y , sumbu Z saja atau kombinasi dari ketiga sumbu. Dilatasi dapat dituliskan dalam persamaan $Q = SP$, dimana Q merupakan posisi titik setelah dilakukan dilatasi, S merupakan



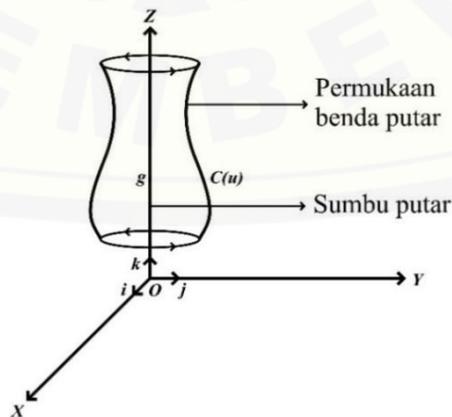
Gambar 2. 15 Contoh Kasus Interpolasi Linier Dua Segmen Garis



Gambar 2. 16 Interpolasi Linier pada Kurva

2.7 Permukaan Putar

Menurut Kusno (2003 b), surfas (permukaan) putar adalah suatu surfas yang dibangkitkan oleh suatu kurva ruang C (sebagai generatrik) diputar mengitari sebuah sumbu putar g yang disebut sebagai sumbu putar (Gambar 2.17).



Gambar 2. 17 Permukaan Putar

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

Apabila kurva generatrix $\mathbf{C}(t)$ terletak pada bidang YOZ dan diputar pada sumbu putar OZ , maka untuk mencari persamaan parametrik permukaan putar dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Gambar 2.5a).

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

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

dengan $0 \leq t \leq 1$.

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

$$\mathbf{S}(t, \theta) = \langle C_x(t) \cos \theta, C_y(t) \sin \theta, C_z(t) \rangle \quad (2.22)$$

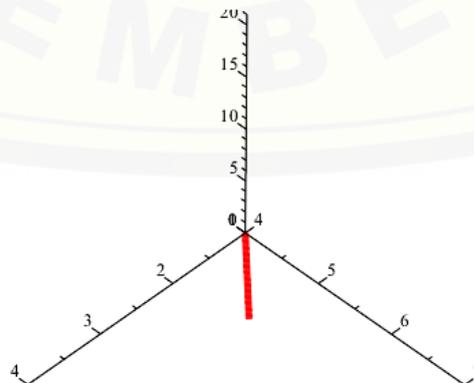
dengan $0 \leq t \leq 1$ dan $0 \leq \theta \leq 2\pi$.

2.7 Konstruksi Objek pada Program

2.7.1 Penyajian Segmen Garis

Untuk membuat segmen garis dapat memberikan nilai (x_1, y_1, z_1) dan (x_2, y_2, z_2) sebagai letak titik ujung segmen garis di ruang. Misalkan segmen garis q (Gambar 2.18) dengan titik-titik ujung $A(1,4,3)$ dan $B(2,5,4)$, maka dapat dituliskan *script* programnya sebagai berikut.

```
q := spacecurve([(1-x)*1+x*2, (1-x)*4+x*5, (1-x)*3+x*4], x=0..3, color=red, axes=normal, thickness=5)
```

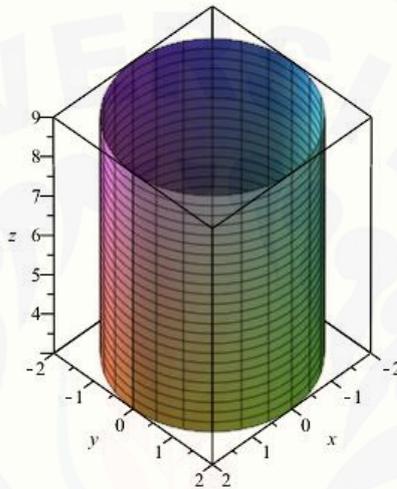


Gambar 2. 18 Segmen Garis

2.7.2 Penyajian Permukaan Selimut Tabung

Untuk membuat permukaan selimut tabung dapat memberikan titik pusat, jari-jari, dan ketinggian tabung. Misalkan akan dibangun tabung a (Gambar 2.19) dengan pusat di $A(0,0,0)$, jari-jari sepanjang dua satuan serta ketinggian sembilan satuan. Maka dapat dituliskan *script* programnya sebagai berikut.

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



Gambar 2. 19 Permukaan Selimut Tabung

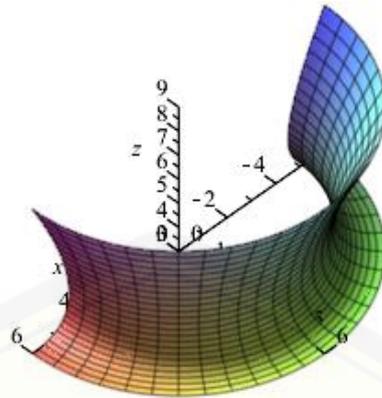
2.7.3 Penyajian Permukaan Bezier

Untuk membangun permukaan Bezier g (Gambar 2.20), maka dapat dituliskan *script* programnya sebagai berikut.

```
p := ([4*(1-t)^2 + 5*2*(1-t)*t + t^2*0, 0*(1-t)^2 + 0*2*(1-t)*t + t^2*0, 8*(1-t)^2 + 7*2*(1-t)*t + t^2*7], t = 0 .. 1, color = red, thickness = 5, labels = [x, y, z]) :
```

```
z5 := spacecurve(p) : display(z5) :
```

```
g := plot3d([(6*(1-t)^2 + 3*2*(1-t)*t + t^2*6)*cos(v), (6*(1-t)^2 + 3*2*(1-t)*t + t^2*6)*sin(v), (9*(1-t)^2 + 3*2*(1-t)*t + t^2*3)], t = 0 .. 1, v = 0 .. Pi, labels = [x, y, z], axes = normal, scaling = constrained) :
```

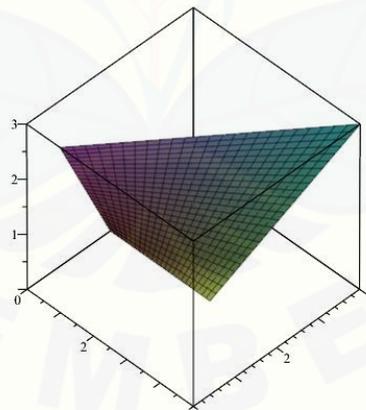


Gambar 2. 20 Permukaan Bezier

2.7.4 Penyajian Permukaan Tidak Datar

Untuk membuat permukaan tidak datar dapat memilih kurva batas yang menyilang satu sama lain. Misalnya dibuat bidang atau permukaan tidak datar i (Gambar 2.21) dari titik-titik $A(2,0,0)$, $B(2,3,0)$, $C(3,1,3)$, dan $D(-1,5,3)$, maka dapat dituliskan *script* programnya sebagai berikut.

```
 $i := \text{plot3d}([(1-v)\cdot 2 + v\cdot(3-2\cdot u), (1-v)\cdot 3\cdot u + v\cdot(1+4\cdot u), (1-v)\cdot 0 + v\cdot 3], u=0$   
..1, v=0..1)
```



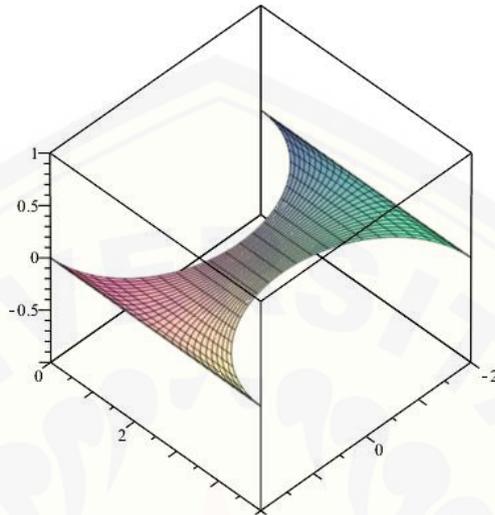
Gambar 2. 21 Bidang Permukaan Tidak Datar

2.7.5 Penyajian Interpolasi antara Dua Kurva

Misal akan menginterpolasi dua kurva dengan nama bb (Gambar 2.22) dengan kurva pertama berupa setengah lingkaran yang berpusat di $(0,0,0)$ dan kurva kedua berupa lingkaran berpusat di $(0,5,0)$ dengan jari-jari dua satuan.

Maka dapat dituliskan *script* programnya sebagai berikut.

```
bb := plot3d([(1 - v)·2·cos(t) + v·(2·cos(-t)), (1 - v)·2·sin(t) + v·(2·sin(-t) + 5), 0], v  
= 0..1, t = 0..Pi)
```

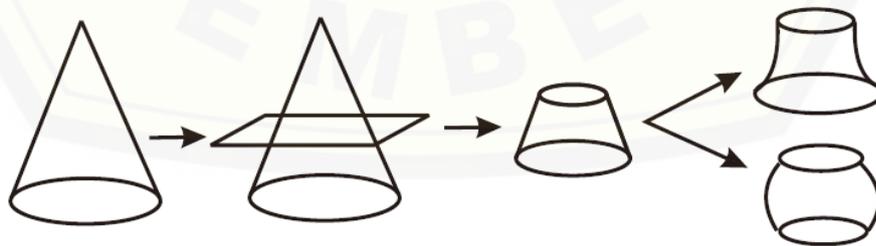


Gambar 2. 22 Interpolasi antara Dua Kurva

BAB 3. METODOLOGI

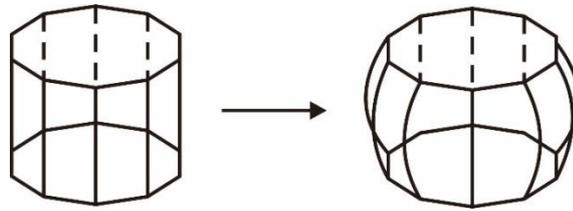
Berdasarkan rumusan masalah pada subbab 1.2 dan tinjauan pustaka pada bab 2, berikut diuraikan beberapa metode penelitian untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Pertama menentukan data berupa kerucut, prisma segisepuluh, tabung, dan balok. Kedua memodelisasi kerucut, prisma segisepuluh, tabung, dan balok untuk komponen lampu dinding. Kemudian menggabungkan hasil modelisasi kerucut, prisma segisepuluh, tabung, dan balok, untuk mendapatkan model lampu dinding yang beragam. Terakhir menyusun program dan visualisasi komputer menggunakan *software*. Berikut ini merupakan uraian metode penelitian modelisasi lampu dinding.

- a. Menentukan data awal berupa kerucut, prisma segisepuluh, tabung, dan balok masing-masing ditetapkan sebagai berikut.
 - 1) Kerucut dengan jari-jari $6\text{ cm} \leq r \leq 10\text{ cm}$ dan tinggi $16\text{ cm} \leq t \leq 24\text{ cm}$.
 - 2) Prisma segisepuluh dengan $15\text{ cm} \leq t \leq 20\text{ cm}$.
 - 3) Tabung dengan $1\text{ cm} \leq r \leq 1,5\text{ cm}$ dan tinggi $15\text{ cm} \leq t \leq 28\text{ cm}$.
 - 4) Balok dengan $p = 15\text{ cm}$, $t = 10\text{ cm}$ dan $l = 3\text{ cm}$.
- b. Modelisasi kerucut sebagai kap lampu dinding dapat diuraikan sebagai berikut. Kerucut dipotong menggunakan bidang secara horizontal menjadi dua bagian, kemudian memberi lengkungan menggunakan kurva Bezier kuadratik (Gambar 3.1).



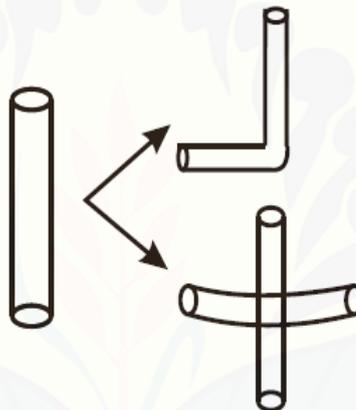
Gambar 3. 1 Deformasi Kerucut

- c. Modelisasi prisma segisepuluh beraturan sebagai kap lampu dilakukan dengan cara memberi lengkungan di setiap rusuk prisma segisepuluh menggunakan kurva Bezier kuadratik (Gambar 3.2).



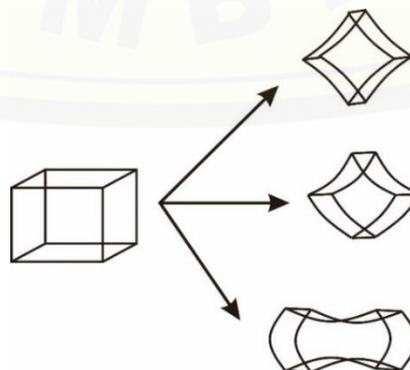
Gambar 3. 2 Deformasi Prisma Segisepuluh

- d. Modelisasi tabung sebagai bagian penghubung diuraikan sebagai berikut. Modelisasi bagian penghubung pada lampu dinding dilakukan dengan cara membangun beberapa tabung kemudian menggabungkan tabung tersebut sehingga menjadi bagian penghubung secara utuh (Gambar 3.3).



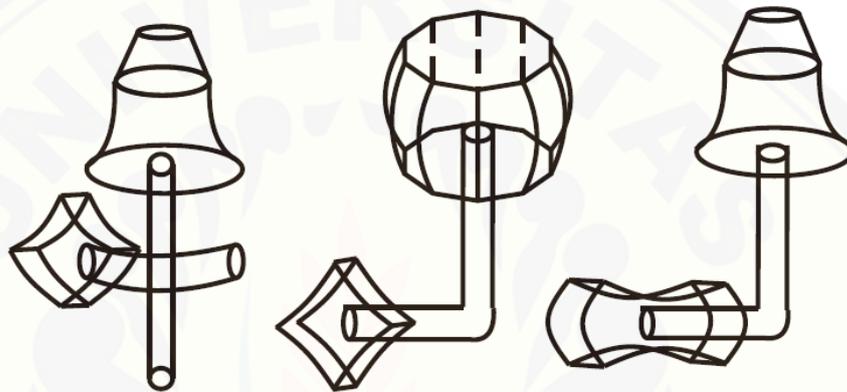
Gambar 3. 3 Deformasi Tabung

- e. Modelisasi balok sebagai bagian dudukan pada lampu dinding. Dalam hal ini, model bagian dudukan hasil dari modelisasi balok dilakukan dengan cara memberikan kelengkungan pada setiap rusuk balok menggunakan kurva Bezier kuadratik (Gambar 3.4).



Gambar 3. 4 Deformasi Balok

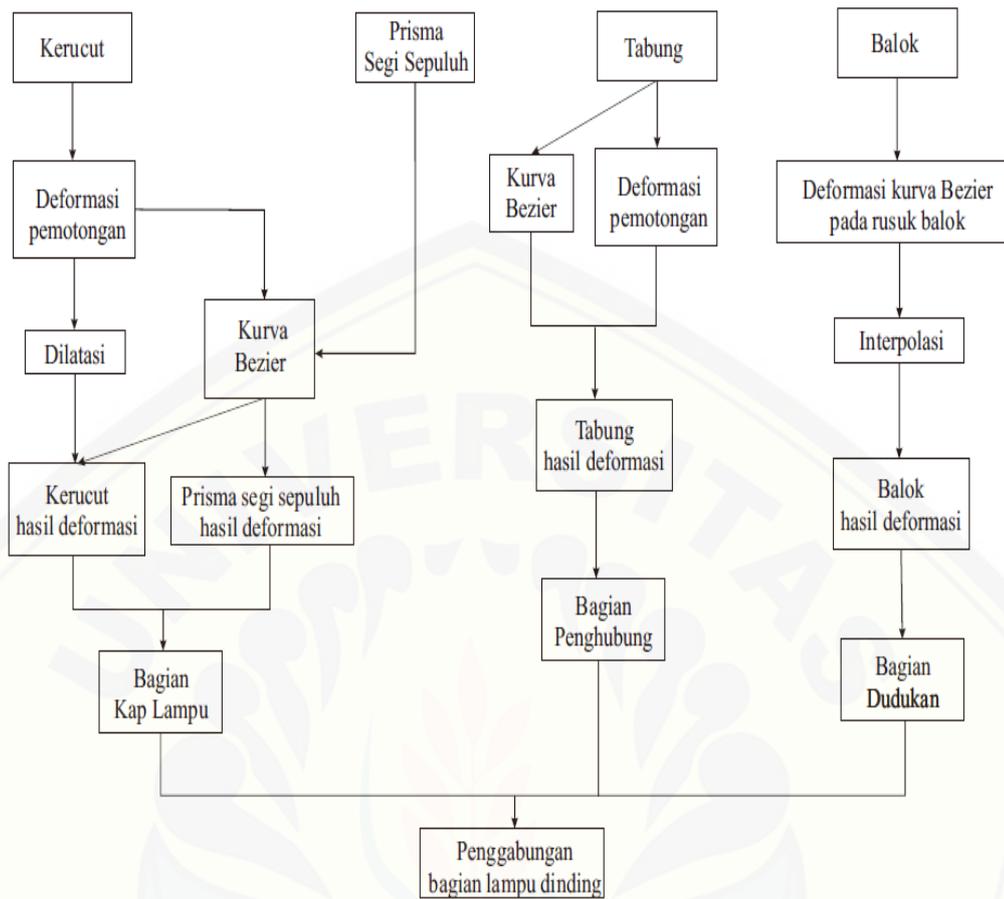
- f. Penggabungan hasil modelisasi kerucut, prisma segisepuluh, tabung, dan balok untuk mendapatkan bentuk lampu dinding yang beragam dapat diuraikan sebagai berikut.
- 1) Membangun sumbu pemodelan untuk menggabungkan benda-benda hasil modelisasi.
 - 2) Mengidentifikasi bentuk benda yang mempunyai ukuran dan bentuk sambungan yang sama sehingga dapat disatukan.
 - 3) Penggabungan secara kontinu (Gambar 3.5).



Gambar 3. 5 Hasil Penggabungan Bagian Lampu Dinding

- g. Menyusun program dan simulasi komputer hasil dari (a) hingga (f) menggunakan *software*.

Untuk lebih jelasnya mengenai metode modelisasi lampu dinding dapat dilihat pada skema (Gambar 3.6) berikut ini.



Gambar 3. 6 Skema Metode Penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab 4, didapatkan bahwa untuk mendesain lampu dinding secara utuh perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Metode hitung mendesain bagian kap lampu dinding dari benda dasar kerucut dan prisma segisepuluh dapat dilakukan sebagai berikut. Pertama, menetapkan benda-benda yang akan menjadi bagian kap lampu dinding. Kedua mendeformasi benda-benda tersebut dengan: (a) Membangun segmen garis atau kurva Bezier. (b) Menginterpolasi masing-masing kurva batas sehingga menghasilkan bentuk kap lampu dinding yang bervariasi.
- b. Metode hitung mendesain bagian penghubung lampu dinding dari benda dasar tabung dapat dilakukan sebagai berikut. Pertama, membangun benda yang akan menjadi bagian penghubung lampu dinding. Kedua, menggabungkan benda-benda yang telah ditetapkan tersebut.
- c. Metode hitung mendesain bagian dudukan lampu dinding dari benda dasar balok dapat dilakukan sebagai berikut. Pertama, menetapkan benda yang akan menjadi bagian dudukan lampu dinding. Kedua, mendeformasi benda tersebut dengan: (a) Membangun kurva Bezier. (b) Menginterpolasi masing-masing kurva batas sehingga menghasilkan bentuk dudukan lampu dinding yang bervariasi.
- d. Perangkaian komponen penyusun lampu dinding pada dua sumbu pemodelan metode hitungnya sebagai berikut. Pertama, membagi sumbu menjadi dua segmen yang diperlukan sebagai sumbu bagian penghubung dan bagian kap lampu dinding. Kedua, mengisi setiap bagian segmen sumbu tersebut dengan komponen penyusun lampu dinding sehingga menghasilkan model lampu dinding yang bervariasi, dengan ketentuan sebagai berikut.

- 1) Bagian penyangga diisi dengan variasi tabung.
- 2) Bagian kap lampu diisi dengan variasi kerucut dan prisma segisepuluh.
- 3) Bagian dudukan diisi dengan variasi balok.

5.2 Saran

Pada skripsi ini telah diperkenalkan metode hitung untuk membangun bagian-bagian pada lampu dinding dan perangkaian komponen penyusun lampu dinding pada dua sumbu pemodelan untuk menghasilkan bentuk lampu dinding yang utuh dan bervariasi. Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

- a. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya metode yang digunakan dapat dikembangkan lagi menggunakan benda geometri lainnya seperti limas dan bola.
- b. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat memperhatikan ketebalan yang terdapat pada bagian-bagian lampu dinding.
- c. Dapat ditawarkan relief agar lebih bervariasi untuk modifikasi lampu dinding.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, P. 2014. *Desain Rak Penataan Barang dengan Kurva dan Permukaan Tipe Natural, Hermit, dan Bezier Kuadratik*. Tesis. Jember : Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.
- Budhi, Wono Setya. 1995. *Aljabar Linier*. Jakarta:Gramedia.
- Haryono, A. 2014. Studi Pembentukan Huruf *Font* dengan Kurva Bezier. *Jurnal TEKNIKA*. 69-78.
- Jannah, R. E. S. 2019. *Modelisasi Kursi Gantung dengan Penggabungan Hasil Deformasi Benda Geometri Ruang dan Kurva Bezier*. Skripsi. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.
- Juhari, E. Octafiatiningsih. 2015. *Penerapan Kurva Bezier Karakter Simetrik dan Putar Pada Model Kap Lampu Duduk Menggunakan Maple*. *Cauchy*, 4 (1): 2477-3344, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Kusno. 2002. *Geometri Rancang Bangun Studi Aljabar Vektor Garis, Lingkaran dan Ellips*. Jember: Jurusan matematika Fakultas MIPA Universitas Jember
- Kusno. 2003. *Geometri Rancang Bangun Studi Hiperbola, Parabola, dan Obyek-Obyek Dasar Geometri Ruang*. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.
- Kusno. 2009. *Geometri Rancang Bangun Studi Tentang Desain dan Pemodelan Benda dengan Kurva dan Permukaan Berbantu Komputer*. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.
- Nur'aini, I. L., E. Harahap, F. H. Badruzzaman, dan D. Darmawan. 2017. Pembelajaran Matematika Geometri secara Realistis dengan Geogebra. *Jurnal Matematika*. 16(2).
- Suryadi, D. 1986. *Teori dan Soal Ilmu Analitik Ruang*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Triadi, M. B. F., Bagus, J., dan Firdaus, U. 2020. Aplikasi Kurva Bezier pada Desain Botol Minuman. *Jurnal MIMS*. 20 (1): 1-8.

LAMPIRAN

Lampiran A. Modelisasi Bagian Kap Lampu Dinding

> Bezier1 := (P0,P1) -> v*(P0)+(1-v)*P1;

Bezier2 := (P0,P1,P2) -> v^2*(P0)+2*v*(1-v)*(P1)+(1-v)^2*(P2);

A. 1 Deformasi Kerucut Model Terpancung

r_1 = jari-jari alas, r_2 = jari-jari atas, dan $t = 20$ sampai 32 .

Nilai $r_1 = 10$ dan $r_2 = 6$, dengan $r_1 > r_2$.

> kpr3 := plot3d([Bezier1(10,6)*cos(u), Bezier1(10,6)*sin(u), Bezier1(20,32)],
u=0..2*Pi, v=0..1):

> display(kpr3,scaling = constrained,axes = boxed,style = surface,lightmodel =
light2);

A. 2 Deformasi Kerucut Model Terpancung Cembung

r_1 = jari-jari alas, r_2 = jari-jari atas, $P_1 = 12$, dan $t = 20$ sampai 32 .

Nilai $r_1 = 10$ dan $r_2 = 6$, dengan $r_1 > r_2$.

Nilai $P_1 > r_1, r_2$ untuk lengkung cembung.

> kpr1 := plot3d([Bezier2(10,12,6)*cos(u), Bezier2(10,12,6)*sin(u),
Bezier2(20,25,32)], u=0..2*Pi, v=0..1):

> display(kpr1,scaling = constrained,axes = boxed,style = surface,lightmodel =
light2);

A. 3 Deformasi Kerucut Model Terpancung Cekung

r_1 = jari-jari alas, r_2 = jari-jari atas, $P_1 = 6$, dan $t = 20$ sampai 32 .

Nilai $r_1 = 10$ dan $r_2 = 6$, dengan $r_1 > r_2$.

Nilai $P_1 < r_1$ dan $P_1 \leq r_2$ untuk lengkung cekung.

> kp1 := plot3d([Bezier2(10,6,6)*cos(u), Bezier2(10,6,6)*sin(u),
Bezier2(20,25,32)], u=0..2*Pi, v=0..1):

> display(kp1,scaling = constrained,axes = boxed,style = surface,lightmodel =
light2);

A. 4 Penggabungan Variasi Deformasi Kerucut Variasi Pertama

```
> kp1 := plot3d([Bezier2(10,6,6)*cos(u), Bezier2(10,6,6)*sin(u),
Bezier2(20,25,32)], u=0..2*Pi, v=0..1):
> kp2 := plot3d([Bezier1(6,2.5)*cos(u), Bezier1(6,2.5)*sin(u), Bezier1(32,40)],
u=0..2*Pi, v=0..1):
> kap2 := kp1,kp2:
> display(kap2, scaling=constrained, axes=boxed, style=surface,
lightmodel=light2);
```

Variasi Kedua

```
> kpr1 := plot3d([Bezier2(10,12,6)*cos(u), Bezier2(10,12,6)*sin(u),
Bezier2(20,25,32)], u=0..2*Pi, v=0..1):
> kpr2 := plot3d([Bezier1(6,2.5)*cos(u), Bezier1(6,2.5)*sin(u), Bezier1(32,40)],
u=0..2*Pi, v=0..1):
> kapr2 := kpr1,kpr2:
> display(kapr2, scaling=constrained, axes=boxed, style=surface,
lightmodel=light2);
```

A. 5 Deformasi Prisma Segisepuluh

```
> rU := 10: #Jari2 Kap lingkaran
L := 20: #Lebar Kap poly-10
r2 := L/2:
k := r2/(0.5+sin(54/180*Pi)+sin(18/180*Pi)): #Sisi poly-10
pa := k*sin(54/180*Pi): pb := k*sin(36/180*Pi): pc := k*sin(18/180*Pi): pd :=
k*sin(72/180*Pi):
r1 := k*sin(36/180*Pi) + k*sin(72/180*Pi):
r3 := 1.4*r2:
A1 := r3*sin(72/180*Pi): B1 := r3*sin(18/180*Pi): A2 := r3*sin(36/180*Pi): B2 :=
r3*sin(54/180*Pi):
```

```

> pp1 := plot3d([u*(Bezier2(-k/2,-B1,-k/2))+(1-u)*(Bezier2(k/2,B1,k/2)),
u*(Bezier2(-r1,-A1,-r1))+(1-u)*(Bezier2(-r1,-A1,-r1)), u*(Bezier2(20,30,40))+(1-
u)*(Bezier2(20,30,40))], u=0..1, v=0..1):
> pp2 := plot3d([u*(Bezier2(k/2,B1,k/2))+(1-u)*(Bezier2(k/2+pa,B2,k/2+pa)),
u*(Bezier2(-r1,-A1,-r1))+(1-u)*(Bezier2(-pd,-A2,-pd)),
u*(Bezier2(20,30,40))+(1-u)*(Bezier2(20,30,40))], u=0..1, v=0..1):
> pp3 := plot3d([u*(Bezier2(k/2+pa,B2,k/2+pa))+(1-u)*(Bezier2(r2,r3,r2)),
u*(Bezier2(-pd,-A2,-pd))+(1-u)*(Bezier2(0,0,0)), u*(Bezier2(20,30,40))+(1-
u)*(Bezier2(20,30,40))], u=0..1, v=0..1):
> pp4 := plot3d([u*(Bezier2(r2,r3,r2))+(1-u)*(Bezier2(k/2+pa,B2,k/2+pa)),
u*(Bezier2(0,0,0))+(1-u)*(Bezier2(pd,A2,pd)), u*(Bezier2(20,30,40))+(1-
u)*(Bezier2(20,30,40))], u=0..1, v=0..1):
> pp5 := plot3d([u*(Bezier2(k/2+pa,B2,k/2+pa))+(1-u)*(Bezier2(k/2,B1,k/2)),
u*(Bezier2(pd,A2,pd))+(1-u)*(Bezier2(r1,A1,r1)), u*(Bezier2(20,30,40))+(1-
u)*(Bezier2(20,30,40))], u=0..1, v=0..1):
> pp6 := plot3d([u*(Bezier2(k/2,B1,k/2))+(1-u)*(Bezier2(-k/2,-B1,-k/2)),
u*(Bezier2(r1,A1,r1))+(1-u)*(Bezier2(r1,A1,r1)), u*(Bezier2(20,30,40))+(1-
u)*(Bezier2(20,30,40))], u=0..1, v=0..1):
> pp7 := plot3d([u*(Bezier2(-k/2,-B1,-k/2))+(1-u)*(Bezier2(-k/2-pa,-B2,-k/2-pa)),
u*(Bezier2(r1,A1,r1))+(1-u)*(Bezier2(pd,A2,pd)), u*(Bezier2(20,30,40))+(1-
u)*(Bezier2(20,30,40))], u=0..1, v=0..1):
> pp8 := plot3d([u*(Bezier2(-k/2-pa,-B2,-k/2-pa))+(1-u)*(Bezier2(-r2,-r3,-r2)),
u*(Bezier2(pd,A2,pd))+(1-u)*(Bezier2(0,0,0)), u*(Bezier2(20,30,40))+(1-
u)*(Bezier2(20,30,40))], u=0..1, v=0..1):
> pp9 := plot3d([u*(Bezier2(-r2,-r3,-r2))+(1-u)*(Bezier2(-k/2-pa,-B2,-k/2-pa)),
u*(Bezier2(0,0,0))+(1-u)*(Bezier2(-pd,-A2,-pd)), u*(Bezier2(20,30,40))+(1-
u)*(Bezier2(20,30,40))], u=0..1, v=0..1):
> pp10 := plot3d([u*(Bezier2(-k/2-pa,-B2,-k/2-pa))+(1-u)*(Bezier2(-k/2,-B1,-
k/2)), u*(Bezier2(-pd,-A2,-pd))+(1-u)*(Bezier2(-r1,-A1,-r1)),
u*(Bezier2(20,30,40))+(1-u)*(Bezier2(20,30,40))], u=0..1, v=0..1):
> kap1 := pp1,pp2,pp3,pp4,pp5,pp6,pp7,pp8,pp9,pp10:

```

```
> display(kap1, scaling=constrained, axes=boxed, style=surface,
lightmodel=light2);
```

Lampiran B. Modelisasi Bagian Penghubung Lampu Dinding

B. 1 Deformasi Tabung Model Pertama

Nilai $r = 1,5$.

```
> ph29 := plot3d([1.5*cos(u), 1.5*sin(u), 20*v+3], u=0..2*Pi, v=0..1):
> ph30 := plot3d([1.5*cos(u), 12*v-15, 1.5*sin(u)], u=0..2*Pi, v=0..1):
> ph31 := plot3d([1.5*sin(u), (1.5*cos(u)+3)*cos(v)-3, (1.5*cos(u)+3)*sin(v)+3],
u=0..2*Pi, v=3*Pi/2..2*Pi):
> hubung5 := ph29,ph30,ph31:
> display([hubung5], scaling=constrained, axes=boxed, style=surface,
lightmodel=light2);
```

B. 2 Deformasi Tabung Model Kedua

Nilai $r = 1,5$.

```
> ph1 := plot3d([1.5*cos(u), 1.5*sin(u), 28*v-5], u=0..2*Pi, v=0..1):
> ph3 := plot3d([1.5*cos(u), 25*v-15, 1.5*sin(u)+10*v^2], u=0..2*Pi, v=0..1):
> hubung1 := ph1,ph3:
> display([hubung1], scaling=constrained, axes=boxed, style=surface,
lightmodel=light2);
```

Lampiran C. Modelisasi Bagian Dudukan Lampu Dinding

C. 1 Modelisasi Balok Model Pertama

```
> dd1 := plot3d([u*(Bezier2(-7.5,-2.5,0))+(1-u)*(Bezier2(7.5,2.5,0)),
u*(Bezier2(-15,-15,-15))+(1-u)*(Bezier2(-15,-15,-15)), u*(Bezier2(0,2,5))+(1-
u)*(Bezier2(0,2,5))], u=0..1, v=0..1):
> dd2 := plot3d([u*(Bezier2(-7.5,-2.5,0))+(1-u)*(Bezier2(7.5,2.5,0)),
u*(Bezier2(-15,-15,-15))+(1-u)*(Bezier2(-15,-15,-15)), u*(Bezier2(0,-2,-5))+(1-
u)*(Bezier2(0,-2,-5))], u=0..1, v=0..1):
```

```

> dd3 := plot3d([u*(Bezier2(-7.5,-2.5,0))+(1-u)*(Bezier2(7.5,2.5,0)),
u*(Bezier2(-18,-18,-18))+(1-u)*(Bezier2(-18,-18,-18)), u*(Bezier2(0,2,5))+(1-
u)*(Bezier2(0,2,5))], u=0..1, v=0..1):
> dd4 := plot3d([u*(Bezier2(-7.5,-2.5,0))+(1-u)*(Bezier2(7.5,2.5,0)),
u*(Bezier2(-18,-18,-18))+(1-u)*(Bezier2(-18,-18,-18)), u*(Bezier2(0,-2,-5))+(1-
u)*(Bezier2(0,-2,-5))], u=0..1, v=0..1):
> dd5 := plot3d([u*(Bezier2(-7.5,-2.5,0))+(1-u)*(Bezier2(-7.5,-2.5,0)),
u*(Bezier2(-15,-15,-15))+(1-u)*(Bezier2(-18,-18,-18)), u*(Bezier2(0,2,5))+(1-
u)*(Bezier2(0,2,5))], u=0..1, v=0..1):
> dd6 := plot3d([u*(Bezier2(7.5,2.5,0))+(1-u)*(Bezier2(7.5,2.5,0)), u*(Bezier2(-
15,-15,-15))+(1-u)*(Bezier2(-18,-18,-18)), u*(Bezier2(0,2,5))+(1-
u)*(Bezier2(0,2,5))], u=0..1, v=0..1):
> dd7 := plot3d([u*(Bezier2(-7.5,-2.5,0))+(1-u)*(Bezier2(-7.5,-2.5,0)),
u*(Bezier2(-15,-15,-15))+(1-u)*(Bezier2(-18,-18,-18)), u*(Bezier2(0,-2,-5))+(1-
u)*(Bezier2(0,-2,-5))], u=0..1, v=0..1):
> dd8 := plot3d([u*(Bezier2(7.5,2.5,0))+(1-u)*(Bezier2(7.5,2.5,0)), u*(Bezier2(-
15,-15,-15))+(1-u)*(Bezier2(-18,-18,-18)), u*(Bezier2(0,-2,-5))+(1-
u)*(Bezier2(0,-2,-5))], u=0..1, v=0..1):
> duduk1 := dd1,dd2,dd3,dd4,dd5,dd6,dd7,dd8:
> display([duduk1], scaling=constrained, axes=boxed, style=surface,
lightmodel=light2);

```

C. 2 Modelisasi Balok Model Kedua

```

> dd9 := plot3d([u*(Bezier2(-7.5,-2.5,0))+(1-u)*(Bezier2(7.5,2.5,0)),
u*(Bezier2(-15,-15,-15))+(1-u)*(Bezier2(-15,-15,-15)), u*(Bezier2(0,2,5))+(1-
u)*(Bezier2(0,2,5))], u=0..1, v=0..1):
> dd10 := plot3d([u*(Bezier2(-7.5,-5,0))+(1-u)*(Bezier2(7.5,5,0)), u*(Bezier2(-
15,-15,-15))+(1-u)*(Bezier2(-15,-15,-15)), u*(Bezier2(0,-3,-5))+(1-
u)*(Bezier2(0,-3,-5))], u=0..1, v=0..1):

```

```

> dd11 := plot3d([u*(Bezier2(-7.5,-2.5,0))+(1-u)*(Bezier2(7.5,2.5,0)),
u*(Bezier2(-18,-18,-18))+(1-u)*(Bezier2(-18,-18,-18)), u*(Bezier2(0,2,5))+(1-
u)*(Bezier2(0,2,5))], u=0..1, v=0..1):
> dd12 := plot3d([u*(Bezier2(-7.5,-5,0))+(1-u)*(Bezier2(7.5,5,0)), u*(Bezier2(-
18,-18,-18))+(1-u)*(Bezier2(-18,-18,-18)), u*(Bezier2(0,-3,-5))+(1-
u)*(Bezier2(0,-3,-5))], u=0..1, v=0..1):
> dd13 := plot3d([u*(Bezier2(-7.5,-2.5,0))+(1-u)*(Bezier2(-7.5,-2.5,0)),
u*(Bezier2(-15,-15,-15))+(1-u)*(Bezier2(-18,-18,-18)), u*(Bezier2(0,2,5))+(1-
u)*(Bezier2(0,2,5))], u=0..1, v=0..1):
> dd14 := plot3d([u*(Bezier2(7.5,2.5,0))+(1-u)*(Bezier2(7.5,2.5,0)), u*(Bezier2(-
15,-15,-15))+(1-u)*(Bezier2(-18,-18,-18)), u*(Bezier2(0,2,5))+(1-
u)*(Bezier2(0,2,5))], u=0..1, v=0..1):
> dd15 := plot3d([u*(Bezier2(-7.5,-5,0))+(1-u)*(Bezier2(-7.5,-5,0)), u*(Bezier2(-
15,-15,-15))+(1-u)*(Bezier2(-18,-18,-18)), u*(Bezier2(0,-3,-5))+(1-
u)*(Bezier2(0,-3,-5))], u=0..1, v=0..1):
> dd16 := plot3d([u*(Bezier2(7.5,5,0))+(1-u)*(Bezier2(7.5,5,0)), u*(Bezier2(-15,-
15,-15))+(1-u)*(Bezier2(-18,-18,-18)), u*(Bezier2(0,-3,-5))+(1-u)*(Bezier2(0,-3,-
5))], u=0..1, v=0..1):
> duduk2 := dd9,dd10,dd11,dd12,dd13,dd14,dd15,dd16:
> display([duduk2], scaling=constrained, axes=boxed, style=surface,
lightmodel=light2);

```

C. 3 Modelisasi Balok Model Ketiga

```

> dd17 := plot3d([u*(Bezier1(-5,-7.5))+(1-u)*(Bezier1(5,7.5)), u*(Bezier1(-15,-
15))+(1-u)*(Bezier1(-15,-15)), u*(Bezier1(0,5))+(1-u)*(Bezier1(0,5))], u=0..1,
v=0..1):
> dd18 := plot3d([u*(Bezier1(-5,-7.5))+(1-u)*(Bezier1(5,7.5)), u*(Bezier1(-15,-
15))+(1-u)*(Bezier1(-15,-15)), u*(Bezier1(0,-5))+(1-u)*(Bezier1(0,-5))], u=0..1,
v=0..1):

```

```

> dd19 := plot3d([u*(Bezier1(-5,-7.5))+(1-u)*(Bezier1(5,7.5)), u*(Bezier1(-18,-
18))+(1-u)*(Bezier1(-18,-18)), u*(Bezier1(0,5))+(1-u)*(Bezier1(0,5))], u=0..1,
v=0..1):
> dd20 := plot3d([u*(Bezier1(-5,-7.5))+(1-u)*(Bezier1(5,7.5)), u*(Bezier1(-18,-
18))+(1-u)*(Bezier1(-18,-18)), u*(Bezier1(0,-5))+(1-u)*(Bezier1(0,-5))], u=0..1,
v=0..1):
> dd21 := plot3d([u*(Bezier1(-5,-7.5))+(1-u)*(Bezier1(-5,-7.5)), u*(Bezier1(-15,-
15))+(1-u)*(Bezier1(-18,-18)), u*(Bezier1(0,5))+(1-u)*(Bezier1(0,5))], u=0..1,
v=0..1):
> dd22 := plot3d([u*(Bezier1(5,7.5))+(1-u)*(Bezier1(5,7.5)), u*(Bezier1(-15,-
15))+(1-u)*(Bezier1(-18,-18)), u*(Bezier1(0,5))+(1-u)*(Bezier1(0,5))], u=0..1,
v=0..1):
> dd23 := plot3d([u*(Bezier1(-5,-7.5))+(1-u)*(Bezier1(-5,-7.5)), u*(Bezier1(-15,-
15))+(1-u)*(Bezier1(-18,-18)), u*(Bezier1(0,-5))+(1-u)*(Bezier1(0,-5))], u=0..1,
v=0..1):
> dd24 := plot3d([u*(Bezier1(5,7.5))+(1-u)*(Bezier1(5,7.5)), u*(Bezier1(-15,-
15))+(1-u)*(Bezier1(-18,-18)), u*(Bezier1(0,-5))+(1-u)*(Bezier1(0,-5))], u=0..1,
v=0..1):
> dd25 := plot3d([u*(Bezier1(-7.5,7.5))+(1-u)*(Bezier1(-7.5,7.5)), u*(Bezier1(-
15,-15))+(1-u)*(Bezier1(-18,-18)), u*(Bezier1(5,5))+(1-u)*(Bezier1(5,5))],
u=0..1, v=0..1):
> dd26 := plot3d([u*(Bezier1(-7.5,7.5))+(1-u)*(Bezier1(-7.5,7.5)), u*(Bezier1(-
15,-15))+(1-u)*(Bezier1(-18,-18)), u*(Bezier1(-5,-5))+(1-u)*(Bezier1(-5,-5))],
u=0..1, v=0..1):
> duduk3 := dd17,dd18,dd19,dd20,dd21,dd22,dd23,dd24,dd25,dd26:
> display([duduk3], scaling=constrained, axes=boxed, style=surface,
lightmodel=light2);

```

Lampiran D. Modelisasi Komponen Lampu Dinding Menggunakan Dua Sumbu Pemodelan

Model 1

```
> display([duduk1, hubung1, kpr3], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 2  
> display([duduk1, hubung1, kap1], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 3  
> display([duduk2, hubung1, kpr1], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 4  
> display([duduk1, hubung5, kap2], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 5  
> display([duduk2, hubung5, kapr2], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 6  
> display([duduk2, hubung5, kp1], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 7  
> display([duduk4, hubung1, kap1], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 8  
> display([duduk4, hubung1, kap2], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 9  
> display([duduk4, hubung1, kp1], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 10  
> display([duduk4, hubung1, kpr1], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 11
```

```
> display([duduk4, hubung5, kp1], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 12  
> display([duduk2, hubung5, kpr2], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 13  
> display([duduk1, hubung5, kp1], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 14  
> display([duduk2, hubung5, kpr1], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);  
# Model 15  
> display([duduk4, hubung5, kp1], scaling=constrained, axes=boxed,  
style=surface, lightmodel=light2);
```