APLIKASI KURVA BEZIER BERDERAJAT LIMA HASIL DARI MODIFIKASI KURVA KUARTIK PADA DESAIN KERAMIK

SKRIPSI

OLEH
NAUFAL MAHARANI
NIM. 12610027

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016

APLIKASI KURVA BEZIER BERDERAJAT LIMA HASIL DARI MODIFIKASI KURVA KUARTIK PADA DESAIN KERAMIK

SKRIPSI

Diajukan Kepada
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

OLEH
NAUFAL MAHARANI
NIM. 12610027

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2016

APLIKASI KURVA BEZIER BERDERAJAT LIMA HASIL DARI MODIFIKASI KURVA KUARTIK PADA DESAIN KERAMIK

SKRIPSI

OLEH
NAUFAL MAHARANI
NIM. 12610027

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 9 Mei 2016

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Dr.H. Imam Sujarwo, M.Pd	Evawati Alisah, M. Pd
NIP. 19630502 198703 1 005	NIP. 19720604 199903 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001

APLIKASI KURVA BEZIER BERDERAJAT LIMA HASIL DARI MODIFIKASI KURVA KUARTIK PADA DESAIN KERAMIK

SKRIPSI

Oleh
Naufal Maharani
NIM. 12610025

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 8 Juni 2016

Penguji Utama	: Dr. H. Turmudi, M.Si, Ph.D	.....
Ketua Penguji	: Hairur Rahman, M.Si	.....
Sekretaris Penguji	: Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd	.....
Anggota Penguji	: Evawati Alisah, M.Pd	.....

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Abdussakir, M.Pd
NIP. 19751006 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Naufal Maharani

NIM : 12610027

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains Dan Teknologi

Judul Skripsi : Aplikasi Kurva Bezier Berderajat Lima Hasil Dari Modifikasi Kurva Kuartik Pada Desain Keramik

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 9 Mei 2016
Yang membuat pernyataan,

Naufal Maharani
NIM. 12610027

MOTO

Dream High

Wake Up

Work Hard

Pray to God

Sesungguhnya Allah sesuai dengan prasangka hambanya. (HR. Muslim)

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM
PUSAT PERPUSTAKAAN

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Orang Tua tercinta

Ayahanda Ilyas, BA, Ibunda Atik Fajar Hidayati

Adik-adik tersayang tersayang

Muhammad Sulton Al-Amir Matenggo dan Sheila Amirah Mantikamengi yang kata-katanya selalu memberikan semangat yang berarti bagi penulis.

Seluruh *member Hipwee Community* Malang tercinta.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

KATA PENGANTAR

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Alah Swt. yang telah melimpahkan rahmat, taufiq, hidayah, serta inayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul "*Aplikasi Kurva Bezier Berderajat Lima Hasil dari Modifikasi Kurva Kuartik Bezier pada Desain Keramik*" ini dengan baik. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan nabi Muhammad Saw., yang telah membimbing manusia dari jalan kegelapan menuju jalan yang terang benderang yaitu agama Islam.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak lepas dari saran, bimbingan, arahan, serta doa dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis haturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Abdussakir, M.Pd, selaku ketua Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd, selaku dosen pembimbing yang senantiasa dengan sabar memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini.
5. Evawati Alisah, M.Pd, selaku dosen pembimbing keagamaan yang telah mamberikan saran dan bantuan dalam penulisan skripsi ini.

6. Seluruh dosen UIN Maulana Malik Ibrahim Malang khususnya para dosen matematika yang telah memberikan banyak pengalaman dan ilmu kepada penulis.
7. Ayahanda Ilyas, BA dan ibunda Dra. Atik Fajar Hidayati tercinta yang telah mencurahkan kasih sayangnya, doa, bimbingan dan motivasi hingga terselesaikannya skripsi ini.
8. Saudara-saudara tersayang yang telah memberikan semangat kepada penulis.
9. Segenap keluarga besar mahasiswa Jurusan Matematika angkatan 2012.
10. Semua pihak yang turut membantu selesainya skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Malang, Mei 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGAJUAN

HALAMAN PERSETUJUAN

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

HALAMAN MOTO

HALAMAN PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR viii

DAFTAR ISI x

DAFTAR GAMBAR xii

ABSTRAK xiii

ABSTRACT xiv

ملخّص xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Batasan Masalah 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Sistematika Penulisan 6

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Persamaan Parametrik 7
2.2 Transformasi Titik di R^3 8
2.2.1 Rotasi terhadap sumbu Z, Y dan X 8
2.2.2 Translasi (Pergeseran) 12
2.2.3 Dilatasi 12
2.3 Penyajian Kurva Kuartik Hermit 13
2.4 Penyajian Kurva dan Permukaan Bezier 15
2.5 Interpolasi antara Segmen Garis di Ruang 18
2.6 Penyajian Prisma Segidelapan Beraturan 19
2.7 Permukaan Benda Putar 21
2.8 Konstruksi Objek pada Program Maple18 23
2.9 Kajian Agama 25

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian 28
3.2 Skema Penelitian 28
3.3 Tahap-tahap Penelitian 29

BAB VI PEMBAHASAN

4.1 Modifikasi Kurva Kuartik Bezier pada Bentuk Kurva Bezier Berderajat Lima 31
4.1.1 Matriks Kuartik Hermitdan Kurva Kuartik Bezier 31
4.1.2 Matriks Hermit Berderajat Lima dan Kurva Kuartik Bezier Modifikasi dalam Bentuk Kurva Bezier Berderajat Lima 35
4.2 Aplikasi Kurva Bezier Berderajat Lima dari Hasil Modifikasi Kurva Kuartik Bezier pada Desain Benda Industri Keramik 41
4.3 Interpretasi Al-Quran pada Kurva Bezier Berderajat Lima dari Hasil Modifikasi Kurva Kuartik Bezier pada Desain Relief Benda Industri Keramik 50

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 53
5.2 Saran 54

DAFTAR PUSTAKA 55

LAMPIRAN-LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Contoh Model Keramik 2

Gambar 2.1 Penyajian Garis pada Bidang 7

Gambar 2.2 Rotasi Terhadap Sumbu Z 10

Gambar 2.3 Dilatasi dengan $k > 1$ 13

Gambar 2.4 Contoh Kasus Khusus Interpolasi Linier Dua Segmen Garis 18

Gambar 2.5 Permukaan Putar 21

Gambar 2.6 Permukaan Putar Kurva $C(u)$ 23

Gambar 2.7 Segmen Garis 24

Gambar 2.8 Bidang Segi Empat 24

Gambar 2.9 Tabung 25

Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian 28

Gambar 4.1 Kurva Kuartik Bezier 35

Gambar 4.2 Modifikasi Kurva Kuartik Bezier Melalui Kurva Bezier Berderajat Lima 36

Gambar 4.3 Kurva Kuartik Bezer Hasil Modifikasi Kurva Bezier Berderajat Lima 41

Gambar 4.4 Langkah-Langkah Menentukan Data Titik dan Memutar Kurva Kuartik Bezier yang Belum Dimodifikasi pada sumbu Z 43

Gambar 4.5 Modifikasi Kurva Kuartik Bezier ke Dalam Bentuk Kurva Bezier Berderajat Lima 30

Gambar 4.6 Contoh Pertama Permukaan Putar Kurva Bezier 47

Gambar 4.7 Contoh Kedua Permukaan Putar Kurva Bezier 48

Gambar 4.8 Beberapa Contoh Aplikasi Kurva Bezier pada Keramik Secara Sederhana 48

Gambar 4.9 Variasi Aplikasi Kurva Bezier Termodifikasi pada Keramik yang Lebih Kompleks 49

ABSTRAK

Maharani, Naufal. 2016. **Aplikasi Kurva Bezier Berderajat Lima Hasil dari Modifikasi Kurva Kuartik pada Desain Keramik**. Skripsi. Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing (I) Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd. (II) Evawati Alisah, M.Pd.

Kata Kunci: kurva bezier berderajat lima, kurva kuartik, modifikasi

Geometri merupakan cabang matematika yang mempelajari tentang garis, sudut, bidang, benda-benda ruang, dan sifat-sifat serta hubungannya dengan yang lain. Pada perkembangannya geometri mempunyai materi kurva Bezier. Kurva Bezier adalah bagian penting dari hampir setiap ilustrasi program grafis komputer dan *aided-system* design komputer yang digunakan saat ini. Inovasi pada bentuk-bentuk keramik tidak begitu berkembang, dan menyebabkan penurunan minat pembeli pada keramik.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kurva kuartik Bezier yang dimodifikasi ke dalam bentuk kurva Bezier berderajat lima dan mengaplikasikannya pada desain benda industri keramik. Sehingga, menghasilkan desain keramik yang bervariasi dan inovatif. Saat ini, teknik desain yang digunakan masih menggunakan teknik desain konvensional yaitu teknik Mal atau *trial and error*. Sehingga, industri sering kali mengalami kerugian karena proses produksinya terjadi kesalahan.

Sehubungan dengan permasalahan ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu: Pertama, menyiapkan data titik untuk kurva Bezier. Kedua, memodifikasi kurva Bezier. Ketiga, memutar kurva Bezier terhadap sumbu Z untuk menghasilkan desain keramik.

Hasil penelitian ini mendapatkan matriks Hermit yang merupakan matriks basis untuk membangun formula kurva Bezier. Lalu menghasilkan kurva kuartik Bezier yang dimodifikasi ke dalam bentuk kurva Bezier berderajat lima. Terakhir menghasilkan aplikasi kurva Bezier yang diputar terhadap sumbu Z sehingga menghasilkan desain benda industri keramik yang bervariasi.

ABSTRACT

Maharani, Naufal. 2016. **The Application of Five Degree Bezier Curve Result from Quartic Curve Modification on Ceramic Design**. Thesis. Mathematics Departement, Faculty of Science and Technology, State Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor (I) Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd. (II) Evawati Alisah, M.Pd.

Key Words: five degree Bezier curve, quartic curve, modification

Geometry is a branch of mathematics that studiees about lines, angles, areas, objects, and properties as well as its relationship with the other. In its development, Geometry has Bezier curve material Bezier curve is an essential part of almost every illustration grhapics program and computer-aided system design of computer in use today. Innovation on ceramics forms was not so developed.And cause a decrease in the interest of the buyer on ceramics.

This research aims to obtain a modified Quartic Bezier curve into the shape of five degree Bezier curve and applying it on the design of industrial ceramics objects. So, it produce a variety and innovative of ceramic design. Currenly, the design technique used is still using conventional design technique namely Mall or trial and error. So, the industry often suffer losses due to the production process goes wrong.

This issue is devided into three phases, that is: First, prepate the point data for Bezier curve. Second, modifiying Bezier curve. Third, turning Bezier curve toward axis Z to produce ceramic design.

The result of this reaseacrh is to obtain a Hermit base matrix to build a Bezier curve formula. Then gererate a modified Quartic Bezier into the shape of five degree Bezier curve. And the last is applying the Bezier curve which is turned toward Z axis, therefore produce variative ceramic industry objects design.

ملخص

مهاراني، ن. 2016.تطبيق المنحنى البزير بتربة خامسة من التصميم المنحنى الكواتيك في تصميم صناعة الخزف.بحثجامعي.شعبة الرياضيات،كليةالعلوم والتكنولوجيا. الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالنج.المشرف: (١) الدكتور إمام سوجروا الماجستير. (٢) إيفاواتي اليسة الماجستير.

الكلمات الرئيسية:المنحنى البزير بتربة خامسة، المنحنى الكواتيك، الفخار– التصميم

علم الهند سة هي فرع الرياضيات التي تتعلم خط، زاوية، حقل، الأجسام الفضائية ثم طبيعته و كانت تتعلق به. في تقدم علم الهندسة لها درس المنحنى البزير. المنحنى البزير هو جزء مهم في كل برنامج رسومات الحاسوب و *aided-system* كانت تصميم الحسوب. لاتتطور الإبكار صناعة الخزف بسبب تراجع في صناعة الخزف المشتري.

وأم الأهداف المرجوة من هذا البحث وهي لنيل تعديل المنحنى البزير الذى تعدل في شكل البزير برتبة خامسة وتطبيقه في صناعة الخزف– حتى حصلت تصميما صناعة الخزف المتنوع والإبداع. الأن الأسلوب في تصميمة المستخدمة في تصميمة وهي الأسلوب تصميم تقليدي وهي الأسلوب عن مال (mal)، تريال (trial)، وخطأ (error)، حتي كثير ما حسارة من صناعة لأن في عملية الخطيات. وانطلاقا بمشكلة الأعلاه قسم الباحث ثلاثة خطوات وهم: الأول: إعداد البيانات درجة النقطة المنحنى البزير، الثاني: تعديل المنحنى البزير، الثالث: يردن المنحنى البزير على قنيل Zلتحصل تصميم الخزف.

واما النتائج المحصولة من هذا البحث وهي نال البحث مرتيك هرميت وهو مرتيك باسيس لبناء صيغة المنحنى البزير ثم حصل الباحث المنحنى الكواتيك البزير الذي تعدل في شكل المنحنى البزير برتبة خامسة والأخير حصل البحث تطبيقا من المنحنى الكواتيك البزير الذي دو على قنيل Zحتى لتحصل تصميم الخزف المتنوع.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

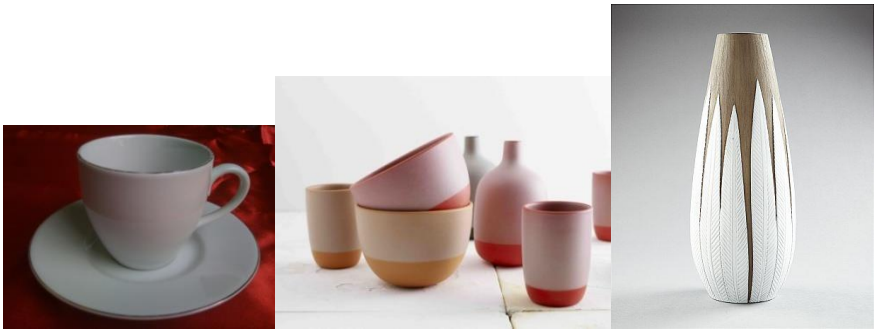
Menurut Octafiatiningsih (2015) matematika merupakan ilmu yang mengandung teori-teori dan terdiri dari berbagai konsep yang dibangun dengan pola berfikir logis, sistematis dan konsisten, serta menuntut inovasi dan kreatifitas yang tinggi. Dalam perkembangannya, matematika terus berkembang dengan pesat melalui penelitian, sehingga lahirlah cabang keilmuan, seperti: aljabar, statistik, dan geometri.

Menurut Octafiatiningsih (2015) geometri merupakan cabang matematika yang mempelajari tentang garis, sudut, bidang, benda-benda ruang, sifat-sifat dan hubungnnya dengan yang lain. Geometri mempunyai banyak kegunaan dalam kehidupan sehari-hari. Benda-benda yang ada di alam raya ini mempunyai bentuk geometri berbentuk bidang maupun ruang. Walaupun benda-benda yang dijumpai tidak sempurna. Akan tetapi, dapat digambarkan atau ditunjukkan kemiripannya terhadap bangun geometri tertentu. Pada perkembangannya geometri dapat digolongkan berdasarkan ruang atau bidang kajian yaitu geometri bidang (dua-dimensi), geometri ruang (tiga-dimensi), dan geometri dimensi n. Geometri bidang dan ruang dapat digunakan sebagai sarana untuk mendesain model kerajinan, seperti kap lampu, vas bunga, knop, guci, dan lain-lain.

Menurut Mortenson (1999) kurva Bezier adalah bagian penting dari hampir setiap ilustrasi program grafis komputer dan *aided-system* desain

komputer yang digunakan saat ini. Hal ini digunakan dalam banyak cara, dari merancang kurva dan permukaan benda untuk mendefinisikan bentuk huruf dalam jenis *font*. Dan karena kurva Bezier adalah paling stabil secara numerik dari semua kurva yang berbasis polinomial yang digunakan dalam berbagai aplikasi, kurva Bezier adalah standar ideal untuk mewakili kurva polinomial yang lebih kompleks.

Menurut Kusno (2007) Perkembangan industri keramik sangat diminati oleh masyarakat di Indonesia. Terbukti dengan ditemukannya keramik-keramik zaman dahulu yang tertimbun di tanah. Saat ini, keramik sangat diminati dalam berbagai bentuk, seperti vas bunga, cangkir, mangkuk, piring, dan lain-lain. Dalam bidang industri, keramik mempunyai prospek yang menguntungkan. Karena saat ini, banyak yang ingin membuat souvenir terbuat dari keramik dengan desain motif yang bervariasi. Apalagi saat ini Indonesia sedang memasuki era pasar bebas yaitu AEC 2015. Masalah muncul ketika keramik saat ini hanya mengandalkan motif yang kurang bervariasi. Sehingga, inovasi pada bentuk-bentuk keramik tidak begitu berkembang, dan menyebabkan penurunan minat pembeli pada keramik. Oleh karena itu untuk melakukan perbaikan dan inovasi bentuk benda dimaksud, maka perlu dilakukan kegiatan riset pengembangan.



Gambar 1.1 Contoh Model Keramik

Allah menciptakan alam semesta dengan segala keindahannya. Sebagai manusia yang bertakwa, seharusnya dapat mengembangkan keindahan-keindahan yang dapat mereka ciptakan sendiri. Sebagaimana Allah berfirman dalam surat Fatir/35:27 yaitu:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ ٱللَّهَ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخْرَجْنَا بِهِۦ ثَمَرَٰتٍ مُّخْتَلِفًا أَلْوَٰنُهَا ۚ وَمِنَ ٱلْجِبَالِ جُدَدٌۢ بِيضٌ وَحُمْرٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَٰنُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ ﴿٢٧﴾

"Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat"(QS. Fatir/35:27).

Berdasarkan firman Allah dalam surat Fatir/35:27, Allah menciptakan gunung yang memiliki warna beraneka macam yang mewakili keindahan itu. Sehingga, manusia bisa berinovasi untuk menciptakan sesuatu yang indah. Benda industri keramik adalah salah satu benda yang dapat diciptakan oleh manusia dan manusia bisa mengembangkan desain bentuk keramik agar lebih indah.

Budiono (2011) melakukan penelitian tentang pemodelan *handle* pintu tipe simetris melalui teknik penggabungan beberapa benda geometri ruang. Kelebihannya, Budiono menghasilkan desain *handle* pintu yang baru dan lebih unik. Kekurangan hasil penggabungan diperoleh bentuk-bentuk *handle* pintu yang masih lengkung tunggal dan benda geometris yang digunakan masih sederhana sehingga terlihat monoton dan kurang menarik. Selain itu, Roifah (2013) telah melakukan penelitian tentang modelisasi knop atau *handle* dengan menggunakan penggabungan benda tabung, prisma segienam beraturan, dan permukaan putar. Kelebihannya, desain knop yang dihasilkan memiliki relief yang bervariatif. Namun kekurangannya model yang diperoleh dari penelitian tersebut mempunyai

bentuk yang kurang halus. Penelitian yang terbaru adalah penelitian Octafiatinngsih (2015) berjudul Penerapan Kurva Bezier Karakter Simetrik dan Putar pada Model Kap Lampu Duduk Menggunakan Maple. Penelitian tersebut menghasilkan desain kap lampu terbaru yang memiliki relief yang bervariasi. Tetapi kekurangan dari penelitian ini adalah kurva yang digunakan masih berderajat dua, sehingga jika ingin memiliki banyak relief harus menggabungkan beberapa benda.

Berdasarkan beberapa permasalahan di atas, peneliti ingin membuat desain keramik yang baru. Sehingga, peneliti mengambil judul penelitian "Aplikasi Kurva Bezier Berderajat Lima Hasil dari Modifikasi Kurva Kuartik pada Desain Keramik".

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan masalah-masalah yang diuraikan pada bagian latar belakang, diajukan konstruksi baru pada objek keramik sebagai berikut:

1. Bagaimana modifikasi kurva kuartik Bezier pada kurva Bezier berderajat lima?
2. Bagaimana aplikasi dari kurva Bezier berderajat lima hasil dari modifikasi kurva kuartik Bezier?
3. Bagaimana interpretasi al-Quran pada kurva Bezier berderajat lima dari hasil modifikasi kurva kuartik Bezier pada desain keramik?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, maka peneliti mempunyai tujuan untuk:

1. Mengetahui proses dan hasil modifikasi kurva kuartik Bezier pada bentuk kurva Bezier berderajat lima.
2. Mengetahui aplikasi dari kurva Bezier berderajat lima dari hasil modifikasi kurva kuartik Bezier pada desain benda industri keramik.
3. Mengetahui interpretasi al-Quran pada kurva Bezier berderajat lima dari hasil modifikasi kurva kuartik Bezier pada desain keramik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini ada dua, yaitu:

1. Modifikasi dilakukan pada formula kurva kuartik Bezier pada kurva Bezier berderajat lima, titik kontrol, dan bentuk kurva.
2. Aplikasi yang dimaksudkan adalah memutar kurva Bezier yang termodifikasi terhadap sumbu Z sehingga membentuk desain keramik.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini antara lain:

1. Dengan bantuan komputer, dapat dihasilkan beberapa prosedur baru model benda industri berupa keramik yang bervariasi dan simetri.
2. Memberikan informasi kepada produsen tentang beberapa daftar model benda industri berupa keramik sehingga menambah pilihan model yang sudah ada sebelumnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka

Berisi persamaan parametrik, transformasi titik di R^3, penyajian kurva kuartik Hermit, penyajian kurva permukaan Bezier, interpolasi di antara segmen garis dan kurva di ruang, permukaan benda putar, konstruksi objek pada program Maple 18, dan kajian agama.

Bab III Metode Penelitian

Berisi pendekatan penelitian, tahap-tahap penelitian, dan skema penelitian.

Bab IV Pembahasan

Berisi penjelasan dan uraian secara keseluruhan langkah-langkah pada metode penelitian dan menjawab permasalahan penelitian, hasil atau *output* dari percobaan serta kajian Islam tentang keindahan.

Bab V Penutup

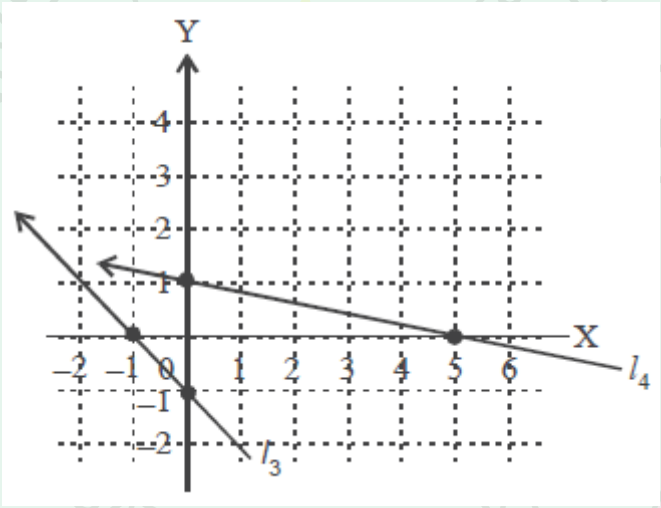
Berisi kesimpulan hasil pembahasan dari bab empat dan saran.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Persamaan Parametrik

Dalam geometri aksiomatik disebutkan bahwa melalui dua titik berbeda di bidang, maka tepat satu garis yang memuat dua titik tersebut. Selanjutnya, setiap garis memuat sedikitnya dua titik berbeda. Melalui aksioma ini dibangun persamaan parametrik dan persamaan umum garis seperti Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Penyajian Garis pada Bidang

Misalkan garis g dan dua titik berbeda $P(x_1, y_1)$ dan $Q(x_2, y_2)$di g, maka sebarang titik $R(x, y)$ sepanjang garis g dapat dinyatakan dalam relasi $\overrightarrow{OR} = \overrightarrow{OP} + t(\overrightarrow{OQ} - \overrightarrow{OP})$. Kerena bentuk pesamaan vektor garis g sebagai berikut:

$$g \equiv r \equiv p + t(q - p) \tag{2.1}$$

atau

$$< x, y > = < x_1, y_1 > + t < (x_2 - x_1), (y_1 - y_1) >$$

dengan t suatu skalar real. Bentuk (2.1) ini selanjutnya dapat disederhanakan menjadi

$x = x_1 + t(x_2 - x_1)$

$y = y_1 + t(y_2 - y_1)$ (2.2)

yang disebut sebagai bentuk persamaan parametrik garis g. Oleh karena itu persamaan parametrik lengkap untuk garis g adalah sebagai berikut:

$x(t) = x_1 + t(x_2 - x_1)$

$y(t) = y_1 + t(y_2 - y_1)$

dengan$-\infty < t < +\infty$ merupakan variabel parameter dari x dan y, yaitu fungsi-fungsi skalar untuk vektor i dan j (Kusno, 2010).

2.2 Transformasi Titik di R^3

Misalkan transformasi $\mathrm{T} : \mathrm{R}^3 \rightarrow \mathrm{R}^3$ merupakan pemetaan titik $\mathrm{P(x, y\ z)}$ ke titik bayangannya $\mathrm{P'(x', y',\ z')}$ sehingga $T(\mathrm{P}) = \mathrm{P'}$ atau $\mathrm{P'} = \mathrm{T(P)}$. Selanjutnya didiskusikan beberapa transformasi berikut ini (Kusno, 2003)

2.2.1 Rotasi terhadap sumbu Z, Y dan X

Rotasi adalah perubahan dari suatu koordinat objek ke dalam kedudukan baru dengan menggerakkan seluruh titik koordinat yang didefinisikan pada bentuk awal dengan suatu besaran sudut pada sutau sumbu putar. Jika $P(x, y, z)$ adalah posisi awal sebelum dilakukan rotasi dan $Q(x, y, z)$ adalah posisi rotasi pada sumbu putar, dan R adalah matriks rotasi pada suatu sumbu putar. Sistem koordinat R^3 mempunyai 3 sumbu putar. Berikut adalah rotasi sistem koordinat R^3dengan 3 sumbu putar:

a. Rotasi terhadap sumbu Z

   Titik $P(x_p, y_p, z_p)$ akan diputar terhadap sumbu Z dengan sudut putar θ, maka diperoleh:

$x_p = \rho \cos \beta$

$y_p = \rho \sin \beta$

$z_p = z_p$

Jika titik P diputar terhadap sumbu Z dengan sudut putar θ, maka

$$x_q = \rho \cos(\beta - \theta)$$
$$= \rho(\cos \beta \cdot \cos \theta + \sin \beta \cdot \sin \theta)$$
$$= \rho \cdot cos\beta \cdot cos\theta + \rho \cdot sin\beta \cdot \sin \theta$$
$$= x_p \cdot cos\theta + y_p \cdot \sin \theta$$
$$y_q = \rho \sin (\beta - \theta)$$
$$= \rho(\sin \beta \cdot \cos \theta + \cos \beta \cdot \sin \theta)$$
$$= \rho \cdot \sin \beta \cdot cos\theta - \rho \cdot \cos \beta \cdot \sin \theta$$
$$= x_p \cdot (-\sin \theta) + y_p \cdot \cos \theta$$
$$z_q = z_p$$

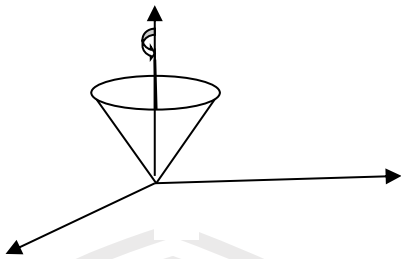
Dalam bentuk perkalian matriks, transformasi rotasi terhadap sumbu Z dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$(x_q, y_q, z_q) = (x_p \cdot cos\theta + y_p \cdot \sin \theta, x_p \cdot (-\sin \theta) + y_p \cdot \cos \theta, z_p)$$

atau

$$\begin{pmatrix} x_q \\ y_q \\ z_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_p \cos \theta - y_p \sin \theta \\ x_p \sin \theta + y_p \cos \theta \\ z_p \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

(Kusno, 2010).



Gambar 2.2 Rotasi Terhadap Sumbu Z

b. Rotasi terhadap sumbu Y

Titik $P(x_p, y_p, z_p)$ akan diputar terhadap sumbu Y dengan sudut putar θ, maka diperoleh:

$x_p = \rho \cos \beta$

$y_p = y_p$

$z_p = \rho \sin \beta$

Jika titik P diputar terhadap sumbu Z dengan sudut putar θ, maka diperoleh:

$x_q = \rho \cos(\beta - \theta)$

$= \rho \cdot cos\beta \cdot cos\theta + \rho \cdot sin\beta \cdot \sin \theta$

$= x_p \cdot cos\theta + y_p \cdot \sin \theta$

$y_q = y_p$

$z_q = \rho \sin (\beta - \theta)$

$= \rho \cdot \sin \beta \cdot cos\theta - \rho \cdot \cos \beta \cdot \sin \theta$

$= x_p \cdot (-\sin \theta) + z_p \cdot \cos \theta$

Dalam bentuk perkalian matriks, transformasi rotasi terhadap sumbu Y dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$(x_q, y_q, z_q) = (x_p \cdot cos\theta + y_p \cdot \sin \theta, x_p \cdot (-\sin \theta) + y_p \cdot \cos \theta, z_p)$$

atau

$$\begin{pmatrix} x_q \\ y_q \\ z_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} cos\,\theta & 0 & -sin\,\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -sin\,\theta & 0 & cos\,\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_p\,cos\,\theta - z_p\,sin\,\theta \\ y_p \\ x_p\,sin\,\theta + z_p\,cos\,\theta \end{pmatrix} \quad (2.4)$$

(Kusno, 2010).

c. Rotasi terhadap sumbu X

Titik $P(x_p, y_p, z_p)$ akan diputar terhadap sumbu Y dengan sudut putar θ, maka diperoleh:

$x_p = \rho \cos \beta$

$y_p = y_p$

$z_p = \rho \sin \beta$

Jika titik P diputar terhadap sumbu Z dengan sudut putar θ, maka

$x_q = x_p$

$y_q = \rho \sin (\beta - \theta)$

$= \rho \cdot \sin \beta \cdot cos\theta - \rho \cdot \cos \beta \cdot \sin \theta$

$= y_p.(-\sin \theta) + z_p.\cos \theta$

$z_q = \rho \cos(\beta - \theta)$

$= \rho \cdot cos\beta \cdot cos\theta + \rho \cdot sin\beta \cdot \sin \theta$

$= y_p \cdot cos\theta + z_p \cdot \sin \theta$

Dalam bentuk perkalian matriks, transformasi rotasi terhadap sumbu X dapat dinyatakan sebagai berikut:

$(x_q, y_q, z_q) = (x_p, y_p \cdot \cos \theta - z_p \cdot \sin \theta, y_p \cdot \sin \theta + z_p \cdot \cos \theta)$

atau

$$\begin{pmatrix} x_q \\ y_q \\ z_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \cos\theta - z_p \sin\theta \\ y_p \sin\theta + z_p \cos\theta \end{pmatrix} \quad (2.5)$$

(Kusno, 2010).

2.2.2 Translasi (Pergeseran)

Translasi adalah pergeseran suatu objek ke lokasi baru dengan menambahkan suatu nilai konsistensi untuk setiap titik koordinat yang terdefinisi dalam objek tersebut. Jika $P(x_p, y_p, z_p)$ adalah posisi titik asal, $Q(x_q, y_q, z_q)$ adalah posisi setelah titik digeser, I adalah matriks identitas, dan (tr_x, tr_y, tr_z) merupakan nilai konstanta yang menunjukkan besarnya pergeseran pada setiap sumbu koordinat, maka hasil pergeseran dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$(x_q, y_q, z_q) = (x_p + tr_x, y_p + tr_y, z_p + tr_z)$$

dan

$$\begin{bmatrix} x_q \\ y_q \\ z_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} tr_x \\ tr_y \\ tr_z \end{bmatrix}$$

(Kusno, 2010).

2.2.3 Dilatasi

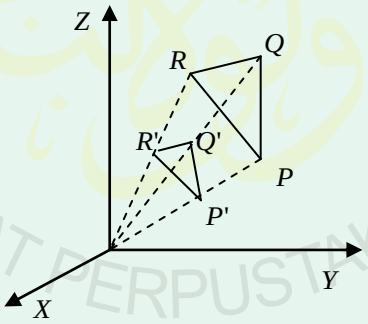
Dilatasi adalah suatu transformasi yang mengubah jarak titik-titik dengan faktor pengali tertentu (k) terhadap suatu titik tertentu yang disebut sebagai pusat dilatasi. Dengan kata lain, dilatasi merupakan transformasi yang mengubah ukuran (memperbesar atau memperkecil) suatu bentuk (Octafiatiningsih, 2015).

Transformasi dilatasi yang memetakkan titik $P(x, y, z)$ ke $P'(x', y', z')$ didefinisikan dengan bentuk formula berikut:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 x \\ k_2 y \\ k_3 z \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Dalam hal ini pemilihan harga k_1 menyajikan sekalah ke arah sumbu X, k_2 ke arah sumbu Y dan k_3 menyajikan skala ke arah sumbu Z, jika $k_1 = k_2 = k_3$, maka peta objek yang diperoleh sebangun dengan objek aslinya (mungkin diperbesar, diperkecil atau tetap) (Kusno, 2010).

Misalkan segitiga PQR dengan titik-titik sudut $P(x_1, y_1, z_1)$, $Q(x_2, y_2, z_2)$ dan $R(x_3, y_3, z_3)$ didilatasikan dengan faktor pengali $k > 1$, sehingga diperoleh segitiga bayangan $P'Q'R'$ dengan titik-titik sudut $P'(kx_1, ky_1, kz_1)$, $Q'(kx_2, ky_2, kz_2)$ dan $R'(kx_3, ky_3, kz_3)$ seperti terlihat pada Gambar 2.3 (Octafiatiningsih, 2015)



Gambar 2.3 Dilatasi dengan $k > 1$

2.3 Penyajian Kurva Kuartik Hermit

Misalkan kurva kuartik parametrik $P(u)$ dinyatakan dalam bentuk aljabar sebagai berikut:

$$x(u) = a_x + b_x u + c_x u^2 + d_x u^3 + e_x u^4$$

$$y(u) = a_y + b_y u + c_y u^2 + d_y u^3 + e_y u^4$$

$$z(u) = a_z + b_z u + c_z u^2 + d_z u^3 + e_z u^4 \quad (2.7)$$

Dengan parameter u dibatasi dalam interval $0 \leq u \leq 1$atau $u \in [0\ 1]$. Dalam penyajian (2), diperoleh 15 koefisien konstan yang disebut sebagai koefisien aljabar. Setiap himpunan 15 koefisien tersebut, maka mendefinisikan suatu kurva yang unik (tunggal). Sebaliknya, untuk setiap dua kurva ruang berbeda, maka diperoleh 15 himpunan koefisien yang berbeda. Selanjutnya dari kurva bentuk (2.7), ditulis dalam bentuk parametrik (fungsi vektorial)

$$P(u) = a + bu + cu^2 + du^3 + eu^4 \quad (2.8)$$

Kemudian tetapkan kodisi berikut

$$P(u = 0) = a$$

$$P(u = 1) = a + b + c + d + e$$

$$P'(u = 0) = b$$

$$P'(u = 1) = b + 2c + 3d + 4e$$

$$P"(u = 0) = 2c \quad (2.10)$$

dengan a, b, c, d dan e merupakan vektor-vektor yang ekuivalen dengan koefisien-koefisien skalar aljabar.

Jika sistem persamaan (2.10) diselesaikan, maka harga vektor-vektor a, b, c, d dan e diperoleh:

$$a = P(0)$$

$$b = P'(0)$$

$$c = \frac{1}{2}P"(0)$$

$$d = -4P(0) + 4P(1) - 3P'(0) - P'(1) - P"(0)$$

$$e = 3P(0) - 3P(1) + 2P'(0) + P'(1) + \frac{1}{2}P"(0) \quad (2.11)$$

Jika persamaan (2.11) ini selanjutnya subtitusi ke persamaan (2.8) maka diperoleh bentuk kurva Hermit (Mortenson, 1996)

$$P(u) = (1 - 4u^3 + 3u^4)P(0) + (4u^3 - 3u^4)P(1) + (u - 3u^3 + 2u^4)P'(0) +$$

$$(-u^3 + u^4)P'(1) + (\frac{1}{2}u^2 - u^3 + \frac{1}{2}u^4)P"(0) \quad (2.12)$$

Dinotasikan $P(u) = P_0H_1 - P_1H_2 + P_0'H_3 + P_1'H_4 + P_0"H_5$ dengan fungsi-fungsi basis $H_1(u)$, $H_2(u)$, $H_3(u)$, $H_4(u)$, dan $H_5(u)$ berharga sebagai berikut:

$$H_1(u) = 1 - 4u^3 + 3u^4$$

$$H_2(u) = 4u^3 - 3u^4$$

$$H_3(u) = u - 3u^3 + 2u^4$$

$$H_4(u) = -u^3 + u^4$$

$$H_5(u) = \frac{1}{2}u^2 - u^3 + \frac{1}{2}u^4 \quad (2.13)$$

Bentuk persamaan (2.12) disebut sebagai penyajian kurva dalam bentuk geometrik dan $P_0, P_1, P_0', P_1', P_0"$ disebut koefisien geometrik. Sedangkan fungsi-fungsi $H_1(u)$, $H_2(u)$, $H_3(u)$, $H_4(u)$, dan $H_5(u)$ dalam persamaan (2.13) disebut basis Hermit.

2.4 Penyajian Kurva dan Permukaan Bezier

Kurva Bezier derajat *n* dinyatakan dalam parametrik adalah

$$C_n(u) = \sum_{i=0}^{n} P_i B_i^n(u) \text{ dan } 0 \leq u \leq 1 \quad (2.14)$$

dimana $B_i^n(u) = C_i^n(1-u)^{n-1}u^i$ dan $C_i^n = \frac{n!}{i!(n-i)!}$

P_i= koefisien geometri titik kontrol kurva C(u)

Jika $n = 4$ diperoleh 5 titik kontrol yaitu P_0, P_1, P_2, P_3, dan P_4 sehingga persamaan parametrik kurva kuartik Bezier adalah

$$C_4(u) = \sum_{i=0}^{4} P_i B_i^n(u) \quad (2.15)$$

$$C_4(u) = (1-u)^4P_0 + 4(1-u)^3(u)P_1 + 6(1-u)^2u^2P_2 + 4(1-u)u^3P_3 + u^4P_4$$

Jika pesamaan 2.11 dimisalkan $n = 1..5$ maka,

$$C_1(u) = (1-u)P_0 + P_1u$$

$$C_2(u) = (1-u)^2P_0 + 2(1-u)uP_1 + u^2P_2$$

$$C_3(u) = (1-u)^3P_0 + 3(1-u)^2uP_1 + 3(1-u)u^2P_2 + u^3P_3$$

$$C_4(u) = (1-u)^4P_0 + 4(1-u)^3uP_1 + 6(1-u)^2u^2P_2 + 4(1-u)u^3P_3 + u^4P_4$$

$$C_5(u) = (1-u)^5P_0 + 5(1-u)^4uP_1 + 10(1-u)^3u^2P_2 + 10(1-u)^2u^3P_3 + 5(1-u)u^4P_4 + u^5P_5$$

$$C_n(u) = (1-u)^nP_0 + \frac{n!}{1!(n-1)!}(1-u)^{n-1}uP_1 + \frac{n!}{2!(n-2)!}(1-u)^{n-2}u^2P_2 + \cdots + \frac{n!}{1!(n-1)!}(1-u)u^{n-1}P_{n-1} + u^nP_n \quad (2.15)$$

Sehingga turunannya adalah

$$\frac{dC_1u}{du} = -P_0 + P_1$$

$$\frac{dC_2(u)}{du} = -2(1-u)P_0 + 2\big(-u + (1-u)\big)P_1 + 2uP_2$$

$$\frac{dC_3(u)}{du} = -3(1-u)^2P_0 + 3(-2(1-u)u + (1-u)^2)P_1 + 3(-u^2 + (1-u)u)P_2 + 3u^2P_3$$

$$\frac{dC_4(u)}{du} = 4(1-u)^3P_0 + 4(-3(1-u)^2u + (1-u)^3)P_1 + 6(-2(1-u)u^2 + 2(1-u)^2u)P_2 + 4(-u^3 + 3(1-u)u^2)P_3 + 4u^3P_4$$

$$\frac{dC_5(u)}{du} = 5(1-u)^4P_0 + 5(-4(1-u) + (1-u)^4)P_1 + 10(-3(1-u)^2u^2 + 2(1-u)^3u)P_2 + 10(-2(1-u)u^3 + 3(1-u)^2u^2)P_3 + 5(-u^4 + 4(1-u)u^3)P_4 + 5u^4P_5$$

$$\frac{dC_n(u)}{du} = -n(1-u)^{n-1}P_0 + \frac{n!}{(n-1)!}\Big(\big((-n+1)(1-u)^{n-2}u\big) + (1-u)^{n-1}\Big)P_1 + \frac{n!}{2!(n-2)!}\Big(\big((-n+2)(1-u)^{n-3}u^2\big) + 2(1-n)^{n-2}u\Big)P_2 + \cdots + \frac{n!}{1!(n-1)!}(-u^{n-1} + (n-1)(1-n)u^{n-2})P_{n-1} + nu^{n-1}P_n$$

Sehingga,

$$C_n{}'(u) = -n(1-u)^{n-1}P_0 + \frac{n!}{(n-1)!}\Big(\big((-n+2)(1-u)^{n-2}u\big) + (1-u)^{n-1}\Big)P_1 + \frac{n!}{2!(n-2)!}\Big(\big((-n+2)(1-u)^{n-3}u^2\big) + 2(1-n)^{n-2}u\Big)P_2 + \cdots + \frac{n!}{1!(n-1)!}(-u^{n-1} + (n-1)(1-n)u^{n-2})P_{n-1} + nu^{n-1}P_n$$

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

$$S(u,v) = \sum_{i,j=0}^{m,n} P_i B_i^m(u)\, B_j^n(u), 0 \le u,v \le 1 \qquad (2.17)$$

dengan:

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

$B_j^n(u) = C_j^n(1-u)^{n-1}u^j$ dan$C_j^n = \frac{n!}{j!(n-j)!}$

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

2.5 Interpolasi di Antara Segmen Garis di Ruang

Menurut Roifah (2013) bidang segitiga merupakan bidang yang dibatasi oleh sisi segitiga, sedangkan bidang persegi oleh sisi segiempat. Misalkan terdapat dua segmen garis $\overline{AB}$ dan $\overline{CD}$ didefinisikan masing-masing oleh $A(x_1, y_1, z_1)$, $B(x_2, y_2, z_3)$, $C(x_3, y_3, z_3)$ dan $D(x_4, y_4, z_4)$ dalam bentuk parametrik $I_1(u)$ dan $I_2(u)$, maka permukaan parametrik hasil interpolasi linier kedua segmen garis tersebut diformulasikan sebagai berikut:

$$S(u,v) = (1-v)I_1(u) + vI_2(u) \qquad (2.18)$$

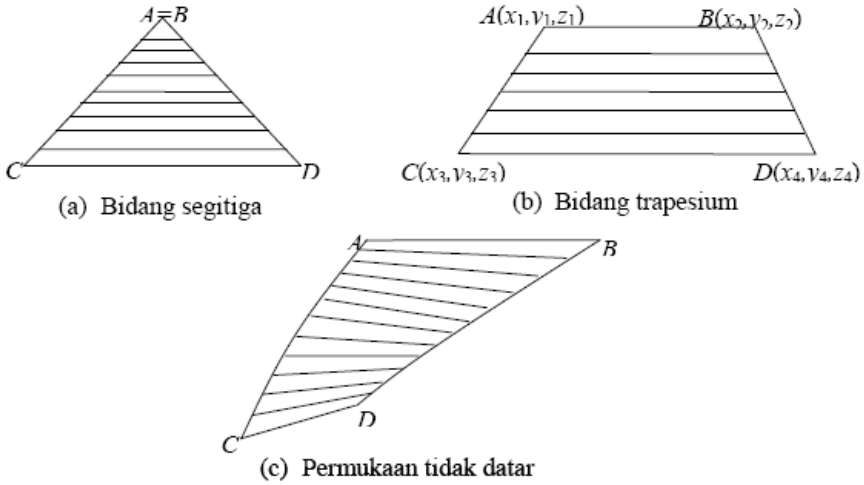
dengan batas $0 \leq u \leq 1$ dan $0 \leq v \leq 1$.

Terdapat beberapa kasus khusus bentuk interpolasi linier kedua garis tersebut. Jika $A = B$ maka hasil interpolasi persamaan (2.18) akan menghasilkan bidang segitiga (Gambar 2.4a) sedangkan jika $\overline{AB} \,//\, \overline{CD}$ maka secara umum akan membentuk bidang segiempat (Gambar 2.13b). Jika bidang tersebut dibentuk dari interpolasi dua garis yang bersilang maka menghasilkan permukaan yang tidak datar (dapat berbentuk lengkung maupun puntiran) di sebagian permukaan tersebut seperti pada Gambar 2.4 (Arinda, 2007).

Di lain pihak dapat dibangun permukaan lengkung hasil interpolasi kurva ruang melalui persamaan sebagai berikut:

$$S(u,v) = (1-v)C_1(u) + vC_2(u) \qquad (2.19)$$

dengan $C_1(u)$ dan $C_2(u)$ merupakan kurva batas



Gambar 2.4 Contoh Kasus Khusus Interpolasi Linier Dua Segmen Garis

2.6 Penyajian Prisma Segidelapan Beraturan

Prisma adalah polihedron yang dibatasi dua bidang sejajar dan beberapa bidang berpotongan dengan garis-garis potong sejajar. Bagian bidang yang memotong dua bidang sejajar (alas prisma) disebut sisi lateral (tegak) dari prisma. Sedangkan garis-garis potong yang sejajar adalah rusuk prisma. Suatu prisma dikatakan prisma tegak jika rusuk-rusuk tegaknya tegak lurus terhadap bidang alas. Tinggi prisma ditentukan oleh jarak antara dua bidang sejajar (Bastian, 2011)

Misalkan diketahui segidelapan beraturan dengan koordinat titik-titik sudut $K_1(x_1, y_1, z_1)$, $K_2(x_2, y_2, z_2)$, $K_3(x_3, y_3, z_3)$, $K_4(x_4, y_4, z_4)$, $K_5(x_5, y_5, z_5)$, $K_6(x_6, y_6, z_6)$, $K_7(x_7, y_7, z_7)$, dan $K_8(x_8, y_8, z_8)$ sebagai alas prisma. Dari data titik tersebut dapat dikonstruksi prisma segidelapan dengan tinggi prisma t melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Delapan titik K_i dengan $i = 1,2,3,4,5,6,7$ dan 8 ditentukan menggunakan persamaan $L(\theta) = (x_1 + r\cos\theta, y_1 + r\sin\theta, z_1)$ dengan ketinggian z dan $\theta = i\pi/4$ yang bertitik pusat pada (x_1, y_1, z_1), sehingga:

$K_i = (x_1 + r\cos\theta, y_1 + r\sin\theta, z_1)$

2. Mentranslasikan kedelapan titik setinggi t dengan sejajar sumbu Z sehingga diperoleh bidang atas prisma dengan titik sudut K_i' dengan $i = 1,2,3,4,5,6,7$ dan 8

   $K_i = (x_1 + r\cos\theta, y_1 + r\sin\theta, z_1 + t)$

   t menunjukkan tinggi prisma segidelapan beraturan.

3. Keenam titik tersebut diubah dalam bentuk parametrik $I_j(u)$ dengan $j = 1,2,3,4,5,6,7$ dan 8 dengan cara menggunakan kurva Hermit berderajat satu yaitu,

   $I(u) = a + bu$

   subtitusi $u = 0$ dan $u = 1$ sehingga diperoleh

   $I(0) = a$

   $I(1) = a + b$

   $b = I(1) - I(0)$

   subtitusi nilai a dan b ke $I(u) = a + bu$ sehingga

   $I(u) - I(0) = (I(1) - I(0))u$

   maka diperoleh $I_j(u)$ sebagai berikut:

   $I_1(u) = K_1 + (K_2 - K_1)u$

   $I_2(u) = K_2 + (K_3 - K_2)u$

   $I_3(u) = K_3 + (K_4 - K_3)u$

   $I_4(u) = K_4 + (K_5 - K_4)u$

   $I_5(u) = K_5 + (K_6 - K_5)u$

   $I_6(u) = K_6 + (K_7 - K_6)u$

   $I_7(u) = K_7 + (K_8 - K_7)u$

$I_8(u) = K_8 + (K_1 - K_8)u$

$I_1'(u) = K'_1 + (K_2' - K_1')u$

$I_2'(u) = K_2' + (K_3' - K_2')u$

$I_3'(u) = K_3' + (K_4' - K_3')u$

$I_4'(u) = K_4' + (K_5' - K_4')u$

$I_5'(u) = K_5' + (K_6' - K_5')u$

$I_6'(u) = K_6' + (K_7' - K_6')u$

$I_7'(u) = K_7' + (K_8' - K_7')u$

$I_8'(u) = K_8' + (K_1' - K_8')u$

4. Menginterpolasikan segmen-segmen garis pada bidang alas dan bidang atas prisma menggunakan persamaan (2.19) sehingga diperoleh bidang segiempat dengan persamaan sebagai berikut:

$S_{K_1K_2K_1',K_2'}(u,v) = (1-v)I_1(u) + vI_1'(u)$

$S_{K_2K_3K_2'K_3'}(u,v) = (1-v)I_2(u) + vI_2'(u)$

$S_{K_3K_4K_3'K_4'}(u,v) = (1-v)I_3(u) + vI_3'(u)$

$S_{K_4K_5K_4',K_5'}(u,v) = (1-v)I_4(u) + vI_4'(u)$

$S_{K_5K_6K_5',K_6'}(u,v) = (1-v)I_5(u) + vI_5'(u)$

$S_{K_6K_7K_6',K_7'}(u,v) = (1-v)I_6(u) + vI_6'(u)$

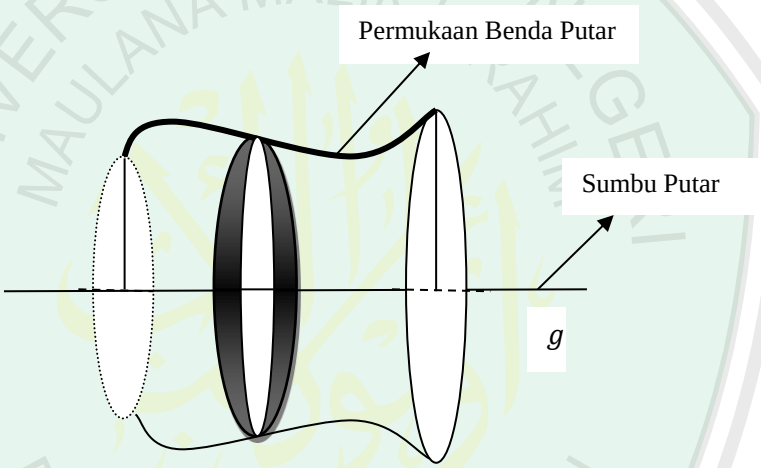
$S_{K_7K_8K_7',K_8'}(u,v) = (1-v)I_7(u) + vI_7'(u)$

$S_{K_8K_1K_8',K_1'}(u,v) = (1-v)I_8(u) + vI_8'(u)$

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

2.7 Permukaan Benda Putar

Apabila suatu kurva yang terletak pada suatu bidang diputar mengelilingi suatu garis pada bidang itu, maka kurva tersebut membentuk suatu permukaan benda putar. Menurut Kusno (2010), permukaan putar adalah suatu permukaan yang dibangkitkan oleh suatu kurva ruang $C(u)$ (sebagai generatrik) diputar mengitari suatu sumbu putar g yang disebut sebagai sumbu putar seperti pada Gambar 2.5 berikut



Gambar 2.5 Permukaan Putar

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

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

1. Jika kurva generatris $C(u)$ pada bidang YOZ dan sumbu putar OZ, maka untuk mencari persamaan parametrik permukaan putar dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

   a. Tentukan persamaan parametrik kurva $C(u)$, yaitu:

      $C(u) =< Cx(u), Cy(u), Cz(u) >,$ (2.20)

      dengan $0 \leq u \leq 1$.

      Putar kurva $\boldsymbol{C}(u)$ terhadap sumbu putar OZ, maka terbentuk suatu permukaan putar dengan persamaan parametrik sebagai berikut:

      $\boldsymbol{S}(u, v) =< Cx(u)\ cos\ v, Cy(u)\ sin\ v, Cz(u) >$ (2.21)

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

2. Jika kurva generatris $C(u)$ pada bidang XOYdan sumbu putar OY, maka untuk mencari persamaan parametrik permukaan putar dilakukan dengan mengulangi langkah pertama dan diperoleh persamaan sebagai berikut:

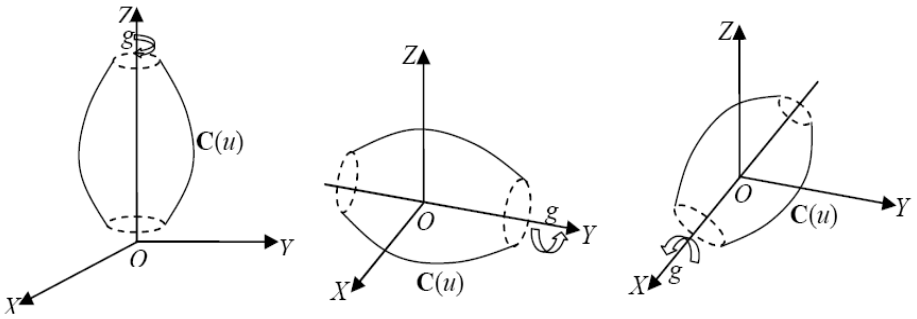
   $S(u, v) =< Cx(u)\ cos\ v, Cy(u), Cz(u)\ sin\ v >,$ (2.22)

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

   Jika kurva generatris $C(u)$ pada bidang XOY dan sumbu putar OX, maka untuk mencari persamaan parametrik permukaan putar dilakukan dengan mengulangi langkah pertama dan diperoleh persamaan sebagai berikut:

   $S(u, v) =< Cx(u)\ , Cy(u)cos\ v, Cz(u)\ sin\ v >,$ (2.22)

   dengan $0 \leq u \leq 1$ dan $0 \leq v \leq 2\pi$ (Roifah: 2013).



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

Gambar 2.6 Permukaan Putar Kurva $C(u)$

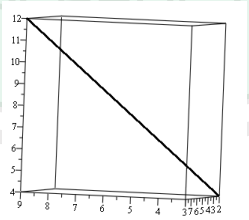
2.8 Konstruksi Objek Pada Program Maple 18

Beberapa contoh bahasa pemrograman menggunakan *software* Maple 18 untuk mengkonstruksi objek geometri:

1. Mengkontruksi Segmen Garis

   Untuk membangun segmen garis $\overrightarrow{AB}$ dengan titik $A(3,2,4)$ dan titik $B(9,8,12)$ pada Maple 13 contoh *output* dapat dilihat pada Gambar 2.7 dengan *script* progam yaitu

```
plot3d([3+u*(9-3),2+u*(8-2),4+u*(12-4)],u=0..1,v=0..1);
```



Gambar 2.7 Segmen Garis

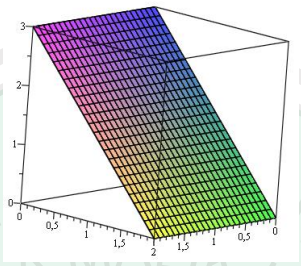
(Octafiatiningsih, 2015).

2. Penyajian Bidang

   Misalkan dibangun bidang segiempat dengan persamaan (2.17). Misalkan dibangun bidang segiempat dengan titik-titik sudut

$A(2,2,0), B(0,2,0), C(2,0,3)$ dan $D(0,0,3)$ maka bentuk perintahnya sebagai berikut

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



Gambar 2.8 Bidang Segiempat

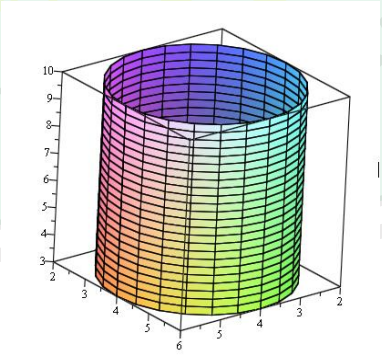
(Roifah, 2013).

3. Penyajian Tabung

Script yang digunakan untuk membangun tabung yaitu,

```
plot3d([2*cos(t)+4,2*sin(t)+4,z],z=3..10,t=0..Pi):
```

diperoleh bangun tabung pusat di titik (4,4,0) dengan jari-jari 2 satuan, ditunjukkan pada Gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 Tabung

2.9 Kajian Agama

Ilmu pengetahuan telah memberikan sumbangan yang berarti dalam memahami al-Quran terutama yang berkaitan dengan fenomena alam semesta. Ayat-ayat tersebut hanya dapat dipahami maknanya dengan bantuan beberapa

teori dan penemuan-penemuan ilmiah. Dengan demikian ilmu pengetahuan adalah disiplin ilmu yang juga memberi sumbangan kepada ilmu tafsir.

Kreativitas dibutuhkan dalam pembuatan desain benda keramik. Secara harfiah kreativitas berasal dari bahasa inggris *creativity* yang artinya daya cipta (Echlos & Shadily, 1992). Sedangkan dalam bahasa Arab kata kreativitas atau menciptakan biasanya menggunakan kata *kholaqo* (menjadikan, membuat, dan menciptakan), *abda'a* (menciptakan sesuatu yang belum pernah ada), *ansyaa* (mengadakan, menciptakan, dan menjadikan), *ahdasta* (mengadakan, menciptakan, membuat yang baru), dan *ja'ala* (membuat, menciptakan, menjadikan) (Anis & al-Wasit, 1992). Di dalam kamus bahasa Indonesia kreatifitas diartikan sebagai daya cipta, memiliki untuk menciptakan, bersifat atau mengandung daya cipta. Sedangkan dari segi terminologi kreativitas mempunyai arti kemampuan untuk membuat kombinasi baru berdasarkan data, informasi atau unsur-unsur yang ada (Munandar, 1985).

Sebagian orang mungkin menganggap bahwa agama menuntut umatnya untuk mentaati aturan dan norma-norma secara mutlak dengan menghiraukan akal pikiran dan penalaran. Sehingga yang terjadi adalah kreativitas berhenti dan tidak berkembang. Pendapat seperti ini tentu saja tidak benar. Agama Islam diciptakan Allah bertujuan untuk kehidupan manusia lebih baik. Islam memang memiliki aturan-aturan yang harus ditaati oleh pemeluknya. Akan tetapi, norma tersebut tidak membatasi manusia untuk berkreativitas. Allah memerintahkan umatnya untuk selalu berpikir menggunakan akal dan pikiran. Di dalam al-Quran surat al-Baqarah/2:219 yang menerangkan bahwa Allah selalu memerintahkan umatnya untuk berpikir yaitu,

يَسْـَٔلُونَكَ عَنِ ٱلْخَمْرِ وَٱلْمَيْسِرِ ۖ قُلْ فِيهِمَآ إِثْمٌ كَبِيرٌ وَمَنَـٰفِعُ لِلنَّاسِ وَإِثْمُهُمَآ أَكْبَرُ مِن نَّفْعِهِمَا ۗ وَيَسْـَٔلُونَكَ مَاذَا يُنفِقُونَ قُلِ ٱلْعَفْوَ ۗ كَذَٰلِكَ يُبَيِّنُ ٱللَّهُ لَكُمُ ٱلْـَٔايَـٰتِ لَعَلَّكُمْ تَتَفَكَّرُونَ ﴿٢١٩﴾

"Mereka bertanya kepadamu tentang khamare dan judi. Katakanlah: "Pada keduanya terdapat dosa yang besar dan beberapa manfaat bagi manusia, tetapi dosa keduanya lebih besar dari manfaatnya". Dan mereka bertanya kepadamu apa yang mereka nafkahkan. Katakanlah: "Yang lebih dari keperluannya". Demikianlah Allah menerangkan ayat-ayat-Nya kepadamu supaya kamu berfikir"(QS. al-Baqarah/2:219).

Mustafa al-Maraghi menafsirkan ayat ini sebagai seruan Allah kepada manusia agar memikirkan kehidupan dunia dan akhirat secara bersama, dengan demikian akan tercipta maslahat pada diri manusia. Karena kemampuan berpikir inilah manusia mampu berkreativitas. Apabila kita merujuk kembali pengertian kreativitas yang dikemukakan oleh Utami Munandar bahwa kreativitas adalah kemampuan berdasarkan data yang ada untuk membuat kombinasi baru. Data yang dimaksud dalam pengertian tersebut adalah pengetahuan dan pengalaman yang diperoleh seseorang selama hidupnya yang tentu saja tidak biasa dipisahkan dari aktivitas berpikir, urgensi berpikir ini juga nampak dalam proses untuk menghasilkan produk kreatif. Untuk menghasilkan karya kreatif seseorang harus memiliki kepekaan terhadap kesenjangan dan kekurangan yang hanya dapat dilihat dengan cara berpikir kemudian menganalisis dan mencari jawaban (Munandar, 1985).

BAB III

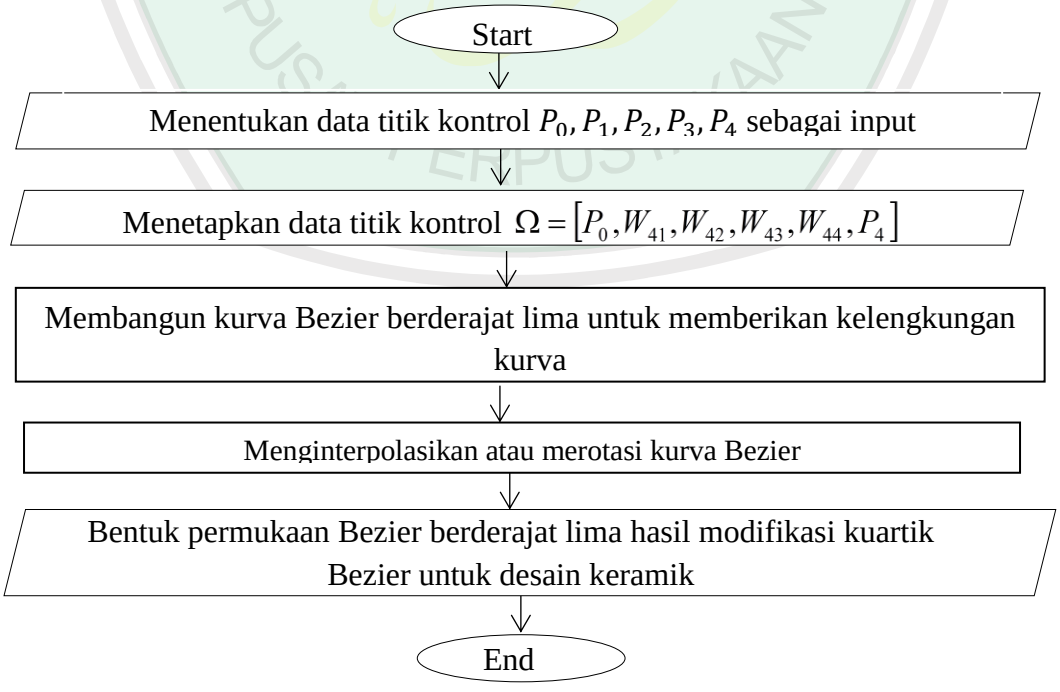
METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kepustakaan (*library reaserach*). Untuk membahas modifikasi kurva Bezier berderajat lima terhadap bentuk kurva kuartik Bezier yang digunakan untuk desain benda industri keramik. Pendekatan kepustakaan (*library research*) yang digunakan yaitu dilakukan studi terkait dengan penelitian-penelitian sebelumnya serta model-model benda keramik pada website dan toko-toko keramik. Data yang digunakan dalam percobaan adalah titik-titik kontrol kurva Bezier yang dimasukkan dalam program Maple.

3.2 Skema Penelitian

Diagram alur penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Keterangan Gambar 3.1 sebagai berikut:

: *Start* dan *End*

: *Input* dan *Output*

: Proses

3.3 Tahap-Tahap Penelitan

Tahap-tahap penelitian meliputi tiga kegiatan yaitu pertama membentuk formula kurva Bezier berderajat lima hasil modifikasi kurva kuartik Bezier. Kedua, membuat bentuk permukaan putar Bezier berderajat lima hasil modifikasi kuartik Bezier. Ketiga, mengkaji aplikasi kurva Bezier berderajat lima hasil modifikasi kuartik Bezier terhadap agama islam.

1. Membentuk formula Bezier berderajat lima hasil modifikasi kuartik Bezier

   Ide kegiatan ini dimaksudkan untuk mendesain dan mengubah bentuk kurva sesuai dengan keinginan kita (fleksibel) atas dasar data titik yang dipilih. Tahapannya adalah:

   a. Mencari kurva Hermit berderajat lima dan mendapatkan matrik modifikasi Hermit. Diperlukan langkah menetapkan formula dan data dari dua titik sebagai kondisi batas kurva dan empat titik kontrol sebagai variabel bebas. Misalkan dipilih kurva parametrik berderajat lima dalam bentuk:

      $P(u) = \ a \ + \ bu^1 + \ cu^2 + du^3 + eu^4 + \mathrm{f}u^5$

      dengan $0 \leq \mathrm{u} \leq 1$.

b. Membuat kurva Bezier berderajat lima hasil dari modifikasi kurva kuartik Bezier dengan menetapkan titik kontrol poligon baru $\Omega = [P_0, W_{41}, W_{42}, W_{43}, W_{44}, P_4]$

$W_{41} = \lambda_{41} P_1 + (1 - \lambda_{41}) P_0$

$W_{42} = \lambda_{42} P_2 + (1 - \lambda_{42}) P_1$

$W_{43} = \lambda_{43} P_3 + (1 - \lambda_{43}) P_2$

$W_{44} = \lambda_{44} P_4 + (1 - \lambda_{44}) P_3$

dan menggunakan matriks kuartik Hermit.

2. Membuat model-model permukaan putar kurva Bezier berderajat lima hasil dari modifikasi kuartik Bezier. Pada pembuatan model-model permukaan diperlukan beberapa tahapan sebagai berikut:
   a. Menentukan data titik
   b. Membangun kurva kuartik Bezier hasil modifikasi kubik dengan menggunakan data titik untuk memberikan kelengkungan
   c. Merotasi atau menginterpolasi kurva Bezier
   d. Simulasi kurva Bezier berderajat lima dengan data titik yang ditentukan menggunakan Maple 18
3. Mengkaji aplikasi kurva Bezier berderajat lima hasil modifikasi kuartik Bezier terhadap agama Islam.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Modifikasi Kurva Kuartik Bezier pada Bentuk Kurva Bezier Berderajat Lima

4.1.1 Matriks Kuartik Hermit dan Kurva Kuartik Bezier

Misalkan kurva kuartik parametrik $P(u)$ dinyatakan dalam bentuk aljabar sebagai berikut:

$x(u) = a_x + b_x u + c_x u^2 + d_x u^3 + e_x u^4$

$y(u) = a_y + b_y u + c_y u^2 + d_y u^3 + e_y u^4$

$z(u) = a_z + b_z u + c_z u^2 + d_z u^3 + e_z u^4$

dengan u dibatasi interval $0 \leq u \leq 1$. Pembatasan terhadap nilai u ini dimaksudkan agar segmen kurva terbangun terbatas dan mudah dikontrol. Ditulis dalam fungsi vektorial (parametrik) sebagai berikut:

$$P(u) = a + bu + cu^2 + du^3 + eu^4 \quad (4.1)$$

Turunan pertama dari $P(u)$ adalah

$$P'(u) = b + 2cu + 3du^2 + 4eu^3 \quad (4.2)$$

Turunan kedua dari $P(u)$ adalah

$$P"(u) = 2c + 6du + 12eu^2 \quad (4.3)$$

Kemudian ditetapkan dalam kondisi sebagai berikut:

$P(u = 0) = a$

$P(u = 1) = a + b + c + d + e$

$P'(u = 0) = b$

$P'(u = 1) = b + 2c + 3d + 4e$

$P''(u=0)=2c$

atau

$$\begin{bmatrix} P(0) \\ P(1) \\ P'(0) \\ P'(1) \\ P''(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{bmatrix}$$

dengan *a, b,* dan *c* merupakan vektor-vektor yang ekuivalen dengan koefisien skalar aljabar.

Sehingga,

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ -4 & 4 & -3 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P(0) \\ P(1) \\ P'(0) \\ P'(1) \\ P''(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{bmatrix}$$

$$M_H \begin{bmatrix} P(0) \\ P(1) \\ P'(0) \\ P'(1) \\ P''(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{bmatrix} \text{ dengan } M_H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ -4 & 4 & -3 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Sehingga didapatkan matriks basis fungsional M_H.

Selanjutnya mencari formula kurva kuartik Bezier. Misalkan kurva kuartik Bezier dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$$C_4(u) = \sum_{i=0}^{4} P_i B_i^4(u)$$

Dengan $0 \le u \le 1$, maka turunan pertama $C'_4(0) = 4(P_1 - P_0)$ dan $C'_4(1) = 4(P_4 - P_3)$. Selanjutnya, turunan kedua $C''_4(0) = 12(P_0 - 2P_1 + P_2)$. Pada

suatu segmen kurva kuartik Bezier menggunakan lima titik kontrol untuk mengaproksimasi tangen. Titik interpolasi adalah titik pertama dan kelima, sementara titik kedua, ketiga, dan keempat adalah aproksimasi tangen. Sehingga, untuk segmen ke-*i* yang terbentuk titik-titik kontrol P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 didefinisikan sebagai berikut:

$V(0) = P_0$

$V(1) = P_4$

$V'(0) = 4(P_1 - P_0)$

$V'(1) = 4(P_4 - P_3)$

$V''(0) = 12(P_0 - 2P_1 + P_2)$

Sehingga,

$$V(u) = \begin{bmatrix} 1 & u & u^2 & u^3 & u^4 \end{bmatrix} M_H \begin{bmatrix} V(0) \\ V(1) \\ V'(0) \\ V'(1) \\ V''(0) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & u & u^2 & u^3 & u^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ -4 & 4 & -3 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V(0) \\ V(1) \\ V'(0) \\ V'(1) \\ V''(0) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & u & u^2 & u^3 & u^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ -4 & 4 & -3 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ P_4 \\ 4(P_1 - P_0) \\ 4(P_4 - P_3) \\ 12(P_0 - 2P_1 + P_2) \end{bmatrix}$$

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

$$= \begin{bmatrix} 1 & u & u^2 & u^3 & u^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ -4 & 4 & -3 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -4 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -4 & 4 \\ 12 & -24 & 12 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & u & u^2 & u^3 & u^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 12 & 6 & 0 & 0 \\ -4 & 12 & -12 & 4 & 0 \\ 1 & -4 & 6 & -4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1-4u+6u^2-4u^3+u^4 & 4u+12u^2+12u^3-4u^4 & 6u^2-12u^3+6u^4 & 4u^3-4u^4 & u^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix}$$

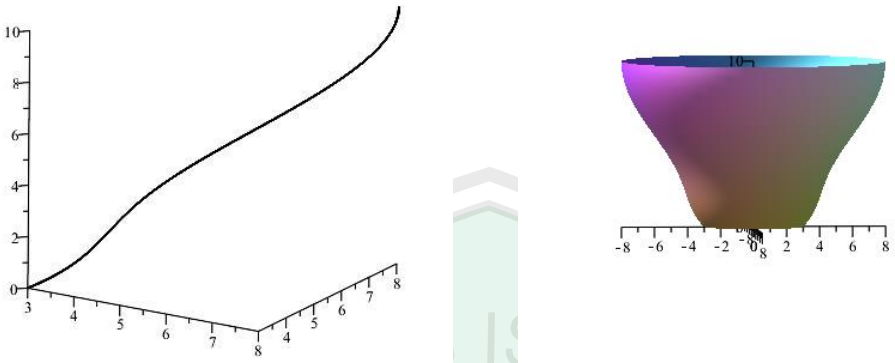
$$= P_0(1-4u+6u^2-4u^3+u^4) + P_1(4u+12u^2+12u^3-4u^4) + P_2(6u^2-12u^3+6u^4) + P_3(4u^3-4u^4) + P_4(u^4)$$

M_H merupakan matriks yang dihasilkan pada kurva Hermit kuartik yang digunakan sebagai matriks basis transformasi untuk menjadikan kurva parametrik yang sederhana menjadi kurva Bezier. Jadi kurva kuartik Bezier dalam bentuk parametrik yaitu:

$$V(u) = P_0(1-4u+6u^2-4u^3+u^4) + P_1(4u+12u^2+12u^3-4u^4) + P_2(6u^2-12u^3+6u^4) + P_3(4u^3-4u^4) + P_4(u^4)$$

dengan $0 \le u \le 1$.

Berikut ini disajikan contoh kurva kuartik Bezier dengan $P_0 = (3,0,0)$, $P_1 = (5,0,2)$, $P_2 = (3,0,4) P_3 = (8,0,6)$, dan $P_4 = (8,0,10)$. Dalam bentuk kurva dan kurva yang sudah diputar terhadap sumbu Z.



Gambar 4.1 Kurva Kuartik Bezier

4.1.2 Matriks Hermit Berderajat Lima dan Kurva Kuartik Bezier Modifikasi dalam Bentuk Kurva Bezier Berderajat Lima

Misalkan kurva kuartik Bezier dinyatakan dalam bentuk

$C_4(u) = \sum_{i=0}^{4} P_i B_i^4(u)$

Dengan batas $0 \le u \le 1$, maka turunan pertama $C'_4(0) = 4(P_1 - P_0)$ dan $C'_4(1) = 4(P_4 - P_3)$. Lalu, turunan kedua $C''_4(0) = 12(P_0 - 2P_1 + P_2)$. Pandang pada poligon Bezier $[P_0, P_1, P_2, P_3, P_4]$ dan titik kontrolnya adalah $W_{41}, W_{42}, W_{43}, W_{44}$ masing-masing didefinisikan sebagai berikut:

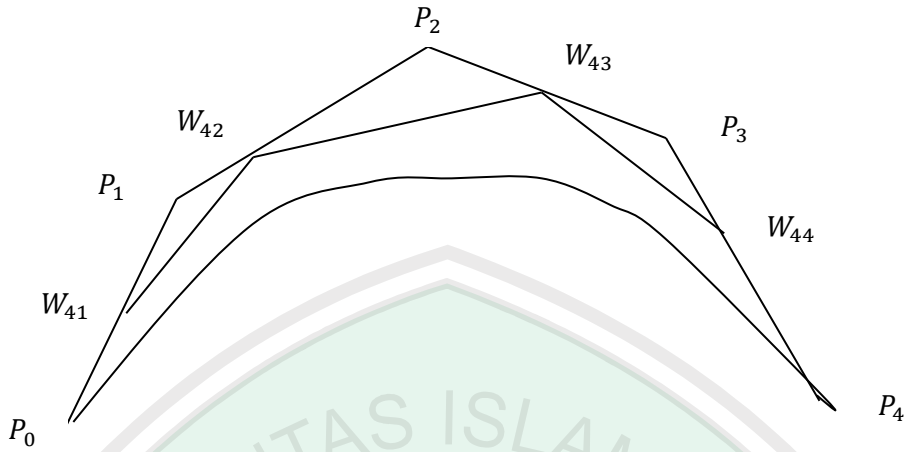
$W_{41} = \lambda_{41} P_1 + (1 - \lambda_{41}) P_0$

$W_{42} = \lambda_{42} P_2 + (1 - \lambda_{42}) P_1$

$W_{43} = \lambda_{43} P_3 + (1 - \lambda_{43}) P_2$

$W_{44} = \lambda_{44} P_4 + (1 - \lambda_{44}) P_3$

dengan $0 \le \lambda_{41}, \lambda_{42}, \lambda_{43}, \lambda_{44} \le 1$ dan $\lambda_{41}, \lambda_{42}, \lambda_{43}, \lambda_{44}$ ditetapkan.



Gambar 4.2 Modifikasi Kurva Kuartik Bezier Melalui Kurva Bezier Berderajat Lima

Berdasarkan Gambar 4.2 dengan titik-titik kontrol poligon yang baru $\Omega = [P_0, W_{41}, W_{42}, W_{43}, W_{44}, P_4]$ dapat dimodifikasi model kurva kuartik Bezier $C_4(u)$ menjadi kurva Bezier berderajat lima $C_5(u)$ dengan poligon Ω dengan cara sebagai berikut:

Misalkan kurva kuartik parametrik $P(u)$ dinyatakan dalam bentuk aljabar sebagai berikut:

$$x(u) = a_x + b_x u + c_x u^2 + d_x u^3 + e_x u^4 + f_x u^5$$

$$y(u) = a_y + b_y u + c_y u^2 + d_y u^3 + e_y u^4 + f_y u^5$$

$$z(u) = a_z + b_z u + c_z u^2 + d_z u^3 + e_z u^4 + f_z u^5$$

Dengan u dibatasi interval $0 \leq u \leq 1$. Pembatasan terhadap nilai u ini dimaksudkan agar segmen kurva terbangun terbatas dan mudah dikontrol. Ditulis dalam fungsi parametrik sebagai berikut:

$$P(u) = a + bu + cu^2 + du^3 + eu^4 + fu^5$$

Turunan pertama dari $P(u)$ adalah

$$P'(u) = b + 2cu + 3du^2 + 4eu^3 + 5fu^4$$

Turunan kedua dari $P(u)$ adalah

$P"(u) = 2c + 6du + 12eu^2 + 20fu^3$

Kemudian ditetapkan dalam kondisi sebagai berikut:

$P(u = 0) = a$

$P(u = 1) = a + b + c + d + e + f$

$P'(u = 0) = b$

$P'(u = 1) = b + 2c + 3d + 4e + 5f$

$P"(u = 0) = 2c$

$P"(u = 0) = 2c + 6d + 12e + 20f$

atau

$$\begin{bmatrix} P(0) \\ P(1) \\ P'(0) \\ P'(1) \\ P"(0) \\ P"(1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 6 & 12 & 20 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{bmatrix}$$

dengan *a, b, c, d, e* dan *f* merupakan vektor-vektor yang ekuivalen dengan koefisien skalar aljabar.

Sehingga,

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ -10 & 10 & -6 & -4 & -\frac{3}{2} & \frac{1}{2} \\ 15 & -15 & 8 & 7 & \frac{3}{2} & -1 \\ -6 & 6 & -3 & -3 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P(0) \\ P(1) \\ P'(0) \\ P'(1) \\ P"(0) \\ P"(1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{bmatrix}$$

$$M_{MH}\begin{bmatrix} P(0) \\ P(1) \\ P'(0) \\ P'(1) \\ P''(0) \\ P''(1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{bmatrix} \text{ dengan } M_{MH} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ -10 & 10 & -6 & -4 & -\frac{3}{2} & \frac{1}{2} \\ 15 & -15 & 8 & 7 & \frac{3}{2} & -1 \\ -6 & 6 & -3 & -3 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

Misalkan kurva Bezier berderajat lima dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$C_5(u) = \sum_{i=0}^{5} P_i B_i^5(u)$

dengan $0 \le u \le 1$, maka turunan pertama $C'_5(0) = 5(W_{41} - P_0)$ dan $C'_5(1) = 5(P_4 - W_{44})$. Selanjutnya, turunan kedua $C''_5(0) = 20(P_0 - 2W_{41} + W_{42})$ dan $C''_5(0) = 20(W_{43} - W_{44} + P_4)$. Sehingga, untuk segmen ke-*i* yang terbentuk titik-titik kontrol poligon baru $\Omega = [P_0, W_{41}, W_{42}, W_{43}, W_{44}, P_4]$ didefinisikan sebagai berikut:

$V_M(0) = P_0$

$V_M(1) = P_4$

$V'_M(0) = 5(W_{41} - P_0)$

$V'_M(1) = 5(P_4 - W_{44})$

$V''_M(0) = 20(P_0 - 2W_{41} + W_{42})$

$V''_M(1) = 20(W_{43} - W_{44} + P_4)$

Sehingga

$$V(u) = \begin{bmatrix} 1 & u & u^2 & u^3 & u^4 & u^5 \end{bmatrix} M_{MH} \begin{bmatrix} V(0) \\ V(1) \\ V'(0) \\ V'(1) \\ V''(0) \\ V''(1) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & u & u^2 & u^3 & u^4 & u^5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ -10 & 10 & -6 & -4 & -\frac{3}{2} & \frac{1}{2} \\ 15 & -15 & 8 & 7 & \frac{3}{2} & -1 \\ -6 & 6 & -3 & -3 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V(0) \\ V(1) \\ V'(0) \\ V'(1) \\ V''(0) \\ V''(1) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & u & u^2 & u^3 & u^4 & u^5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ -10 & 10 & -6 & -4 & -\frac{3}{2} & \frac{1}{2} \\ 15 & -15 & 8 & 7 & \frac{3}{2} & -1 \\ -6 & 6 & -3 & -3 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ P_4 \\ 5(W_{41} - P_0) \\ 5(P_4 - W_{44}) \\ 20(P_0 - 2W_{41} + W_{42}) \\ 20(W_{43} - W_{44} + P_4) \end{bmatrix}$$

$$= \left(\begin{bmatrix} 1 & u & u^2 & u^3 & u^4 & u^5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ -10 & 10 & -6 & -4 & -\frac{3}{2} & \frac{1}{2} \\ 15 & -15 & 8 & 7 & \frac{3}{2} & -1 \\ -6 & 6 & -3 & -3 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -5 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -5 & 5 \\ 20 & -40 & 20 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 20 & -20 & 20 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ W_{41} \\ W_{42} \\ W_{43} \\ W_{44} \\ P_4 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & u & u^2 & u^3 & u^4 & u^5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -5 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & -20 & 10 & 0 & 0 & 0 \\ -10 & 30 & -30 & 10 & 10 & 0 \\ 5 & -20 & 30 & -20 & -15 & 0 \\ -1 & 5 & -10 & 10 & 5 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ W_{41} \\ W_{42} \\ W_{43} \\ W_{44} \\ P_4 \end{bmatrix}$$

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

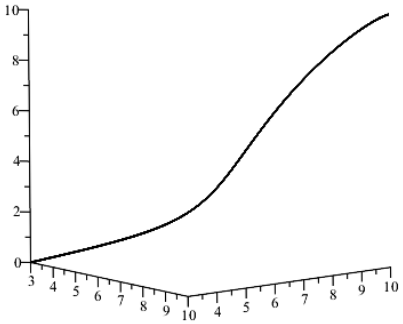
$$= [\ 1-5u+10u^2-10u^3+5u^4-u^5 \quad 5u-20u^2+30u^3-20u^4+5u^5$$
$$10u^2-30u^3+30u^4-10u^5 \quad 10u^3-20u^4+10u^5 \quad 10u^3-15u^4+5u^5 \quad u^5\ ]$$
$$\begin{bmatrix} P_0 \\ W_{41} \\ W_{42} \\ W_{43} \\ W_{44} \\ P_4 \end{bmatrix}$$

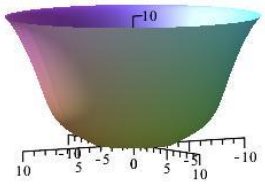
$$= P_0(1-5u+10u^2-10u^3+5u^4-u^5)+W_{41}(5u-20u^2+30u^3-20u^4+5u^5)$$
$$+W_{42}(10u^2-30u^3+30u^4-10u^5)+W_{43}(10u^3-20u^4+10u^5)$$
$$+W_{44}(10u^3-15u^4+5u^5)+P_4(u^5)$$

M_{MH} merupakan matriks yang dihasilkan pada kurva Hermit berderajat lima. Jadi modifikasi kurva kuartik Bezier dalam bentuk kurva Bezier berderajat lima dalam bentuk parametrik yaitu:

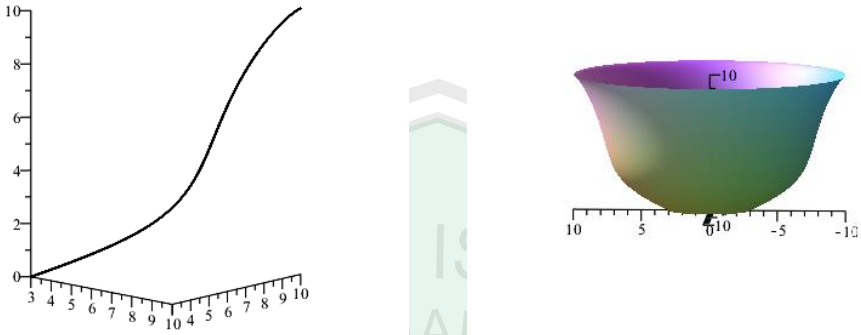
$$V_M(u) = P_0(1-5u+10u^2-10u^3+5u^4-u^5)+W_{41}(5u-20u^2+30u^3-20u^4+5u^5)$$
$$+W_{42}(10u^2-30u^3+30u^4-10u^5)+W_{43}(10u^3-20u^4+10u^5)$$
$$+W_{44}(10u^3-15u^4+5u^5)+P_4(u^5)$$

dengan $0 \le u \le 1$. Berikut ini disajikan contoh kurva modifikasi dengan titik-titik kontrol yang sama tetapi lamda yang berbeda. Misalkan $P_0 = (3,0,0)$, $P_1 = (7,0,2)$, $P_2 = (10,0,4)$, $P_3 = (3,0,6)$, dan $P_4 = (10,0,10)$.





$$\lambda_{41} = 0.1, \lambda_{42} = 1, \lambda_{43} = 0.5, \lambda_{44} = 0.1$$



$$\lambda_{41} = 0.1, \lambda_{42} = 0.5, \lambda_{43} = 0.5, \lambda_{44} = 0.1$$

Gambar 4.3 Kurva Kuartik Bezier Hasil Modifikasi Kurva Bezier Berderajat Lima

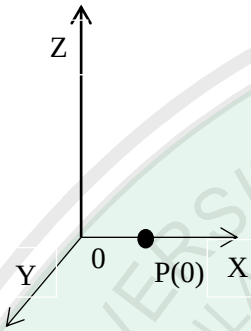
4.2 Aplikasi Kurva Bezier Berderajat Lima dari Hasil Modifikasi Kurva Kuartik Bezier pada Desain Benda Industri Keramik

Benda putar umumnya sangat diminati oleh banyak orang, sebab tampilan benda putar pada umumnya menarik dan indah. Hal ini dikarenakan secara geometris bentuk benda putar bersifat tegak dan simetris sehingga tampak setimbang dan proporsional. Oleh karena itu, banyak kalangan industri menggunakan pengemas barang produksinya dengan model benda putar agar pemasaran hasil produksinya semakin kompetitif. Contohnya adalah industri keramik yang selalu menggunakan model benda putar dalam desain dan produksi bendanya. Sehingga, dalam subbab ini membahas kurva Bezier berderajat lima dari hasil modifikasi kurva kuartik Bezier pada desain benda industri keramik.

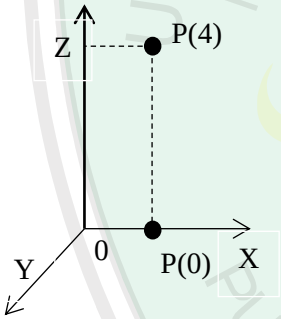
Pada subbab 4.1 sudah ditentukan rumus kurva Bezier yang telah dimodifikasi. Sehingga, dengan bantuan Maple kurva Bezier bisa diputar 360 derajat untuk mendapatkan desain permukaan benda putar kurva Bezier yang telah

dimodifikasi. Langkah-langkah mendesain kurva, yang pertama adalah menentukan data titik yang akan dimasukkan ke dalam persamaan subbab 4.1.1. Lalu, memutarnya pada sumbu Z.

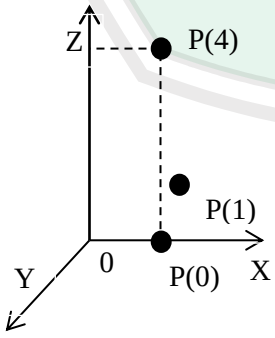
a. Menentukan titik $P(0)$



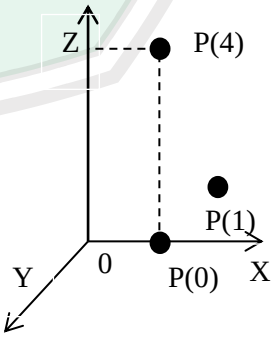
b. Menentukan titik $P(4)$



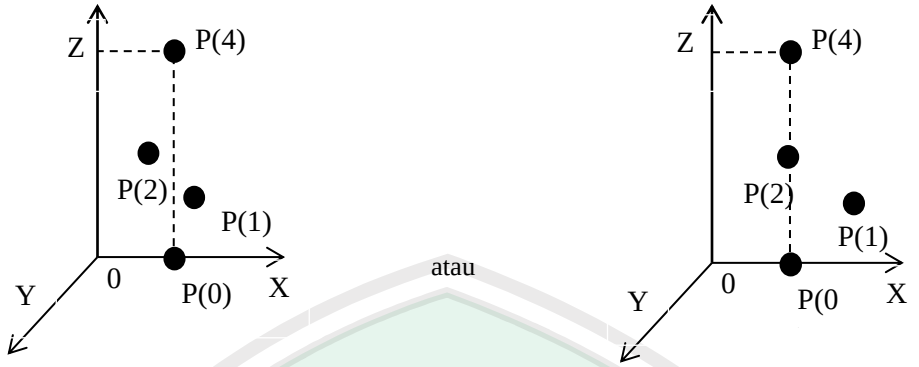
c. Menentukan titik kontrol pertama $P(3)$



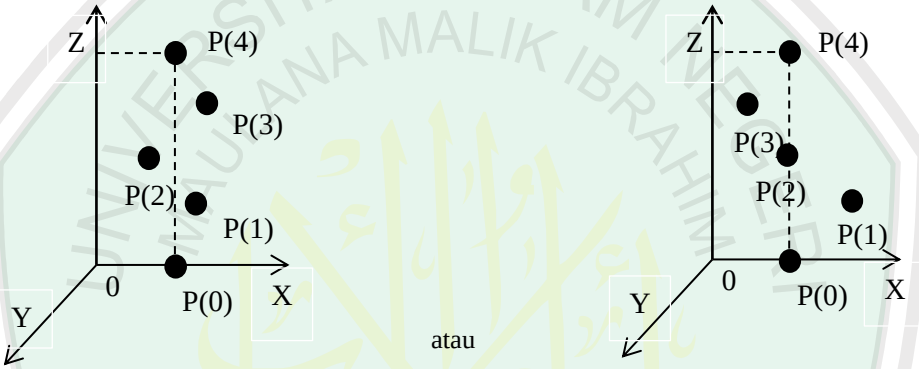
atau



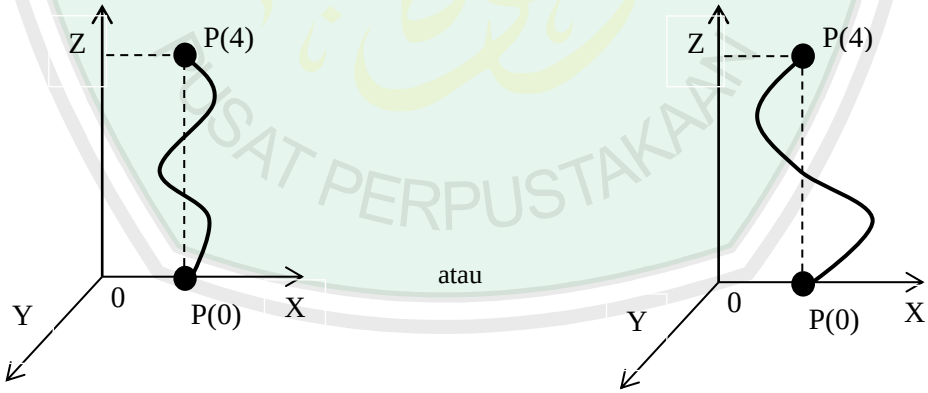
d. Menentukan titik kontrol pertama $P(2)$



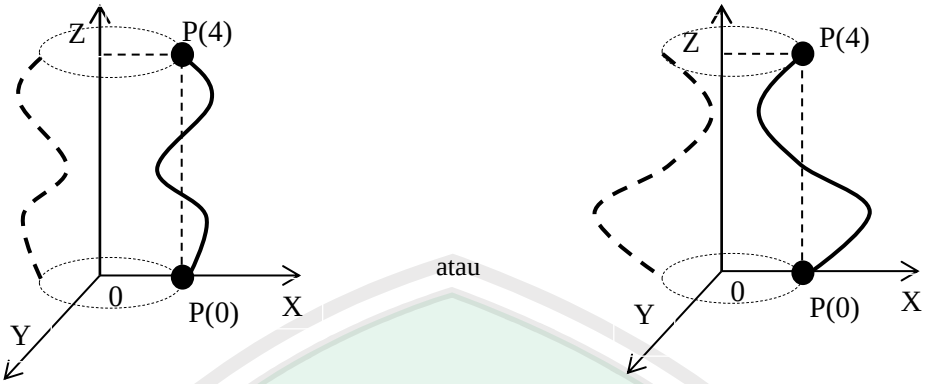
e. Menentukan titik kontrol pertama $P(3)$



f. Membangun kurva kuartik hermit yang belum dimodifikasi



g. Memutar kurva kuartik Bezier yang belum dimodifikasi pada sumbu Z



Gambar 4.4 Langkah-langkah Menentukan Data Titik dan Memutar Kurva Kuartik Bezier yang Belum Dimodifikasi pada Sumbu Z

Langkah selanjutnya adalah memodifikasi kurva kuartik Bezier ke dalam bentuk kurva Bezier berderajat lima menggunakan rumus yang telah ditemukan pada subbab 4.1.2. Nilai dari $W_{41}, W_{42}, W_{43}, W_{44}$ ditentukan oleh nilai parameter $\lambda_{41}, \lambda_{42}, \lambda_{43}, \lambda_{44}$. Lalu kurva Bezier yang telah dimodifikasi diputar terhadap sumbu Z. Nilai x, y dan z sebagai berikut:

$$x = (P_0(1-u)^5 + (\lambda_{41}P_1 + (1-\lambda_{41})P_0)(5(1-u)^4u) + (\lambda_{42}P_2 + \big((1-\lambda_{42})P_1\big)(10(1-u)^3u^2)) + \big((\lambda_{43}P_3 + (1-\lambda_{43})P_2)(10(1-u)^2u^3)\big) + ((\lambda_{44}P_4 + (1-\lambda_{44})P_3)(5(1-u)u^4) + P_4u^5$$

$$y = 0(1-u)^5 + (\lambda_{41}0 + (1-\lambda_{41})0(5(1-u)^4u)) + (\lambda_{42}0 + (1-\lambda_{42})0)(10(1-u)^2u^3) + (\lambda_{44}0 + (1-\lambda_{44})0)(5(1-u)u^4) + 0u^5$$

$$z = P_0(1-u)^5 + (\lambda_{41}P_1 + (1-\lambda_{41})P_0)(5(1-u)^4u) + (\lambda_{42}P_2 + (1-\lambda_{42})P_1)(10(1-u)^3u^2) + \big((\lambda_{43}P_3 + (1-\lambda_{43})P_2)\big)(10(1-u)^2u^3)) + (\lambda_{44}P_4 + (1-\lambda_{44})P_3)(5(1-u)u^4) + P_4u^5$$

Untuk mendapatkan contoh permukaan putar kurva Bezier berderajat lima maka persamaan $V_M(u)$ diputar terhadap sumbu Z dengan $0 \leq \theta \leq 360°$. Sehingga x, y dan z setelah dilakukan rotasi yaitu

$$x' = ((P_0(1-u)^5 + (\lambda_{41}P_1 + (1-\lambda_{41})P_0)(5(1-u)^4u) + (\lambda_{42}P_2 + ((1-\lambda_{42})P_1)(10(1-u)^3u^2)) + ((\lambda_{43}P_3 + (1-\lambda_{43})P_2)(10(1-u)^2u^3)) + ((\lambda_{44}P_4 + (1-\lambda_{44})P_3)(5(1-u)u^4) + P_4u^5)cos\theta + (0(1-u)^5 + (\lambda_{41}0 + (1-\lambda_{41})0(5(1-u)^4u)) + (\lambda_{42}0 + (1-\lambda_{42})0)$$

$$y' = (10(1-u)^2u^3) + (\lambda_{44}0 + (1-\lambda_{44})0)(5(1-u)u^4) + 0u^5) - sin\theta ((P_0(1-u)^5 + (\lambda_{41}P_1 + (1-\lambda_{41})P_0)(5(1-u)^4u) + (\lambda_{42}P_2 + ((1-\lambda_{42})P_1)(10(1-u)^3u^2)) + ((\lambda_{43}P_3 + (1-\lambda_{43})P_2)(10(1-u)^2u^3)) + ((\lambda_{44}P_4 + (1-\lambda_{44})P_3)(5(1-u)u^4) + P_4u^5)sin\theta + (0(1-u)^5 + (\lambda_{41}0 + (1-\lambda_{41})0(5(1-u)^4u)) + (\lambda_{42}0 + (1-\lambda_{42})0)$$

$$(10(1-u)^2u^3) + (\lambda_{44}0 + (1-\lambda_{44})0)(5(1-u)u^4) + 0u^5)cos\theta$$

$$z' = z$$

Jadi kurva $V_5(u)$ setelah diputar terhadap sumbu Z sebagai berikut:

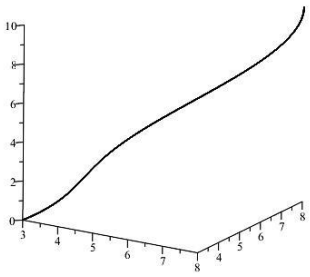
$$V_5(u) = ((P_0(1-u)^5 + (\lambda_{41}P_1 + (1-\lambda_{41})P_0)(5(1-u)^4u) + (\lambda_{42}P_2 + ((1-\lambda_{42})P_1)(10(1-u)^3u^2)) + ((\lambda_{43}P_3 + (1-\lambda_{43})P_2)(10(1-u)^2u^3)) + ((\lambda_{44}P_4 + (1-\lambda_{44})P_3)(5(1-u)u^4) + P_4u^5)cos\theta,$$

$$(P_0(1-u)^5 + (\lambda_{41}P_1 + (1-\lambda_{41})P_0)(5(1-u)^4u) + (\lambda_{42}P_2 + ; ((1-\lambda_{42})P_1)(10(1-u)^3u^2)) + ((\lambda_{43}P_3 + (1-\lambda_{43})P_2)(10(1-u)^2u^3)) + ((\lambda_{44}P_4 + (1-\lambda_{44})P_3)(5(1-u)u^4) + P_4u^5)sin\theta,$$

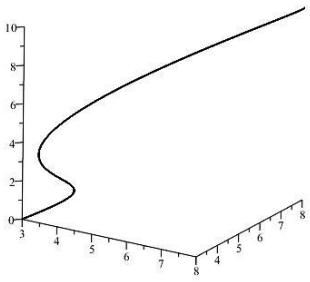
$$P_0(1-u)^5 + (\lambda_{41}P_1 + (1-\lambda_{41})P_0)(5(1-u)^4u) + (\lambda_{42}P_2 + (1-\lambda_{42})P_1)(10(1-u)^3u^2) + ((\lambda_{43}P_3 + (1-\lambda_{43})P_2))$$

$$(10(1-u)^2u^3)) + (\lambda_{44}P_4 + (1-\lambda_{44})P_3)(5(1-u)u^4) + P_4u^5$$

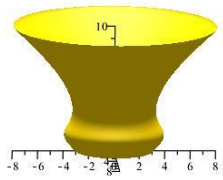
Berikut ini adalah perbedaan kurva kuartik Bezier dengan kurva Bezier berderajat lima yang telah dimodifikasi:



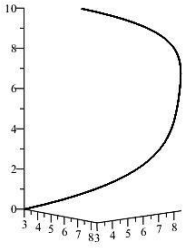
Kurva kuartik Bezier dengan titik kontrol $P_0(3,0,0)$, $P_1(5,0,2)$, $P_2(3,0,4)$, $P_3(8,0,6)$, $P_4(8,0,10)$



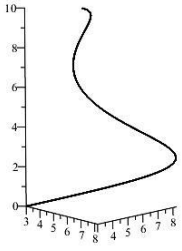
Kurva kuartik Bezier yang telah dimodifikasi dalam bentuk kurva Bezier berderajat lima dengan $\lambda_{41} = 0.1$, $\lambda_{42} = 1$, $\lambda_{43} = 2$, $\lambda_{44} = 0.1$



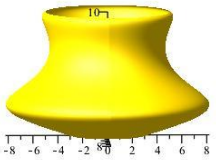
Kurva kuartik Bezier yang telah dimodifikasi dalam bentuk kurva Bezier berderajat lima yang telah diputar terhadap sumbu Z



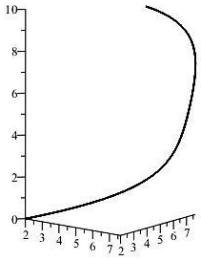
Kurva kuartik Bezier dengan titik kontrol $P_0(3,0,0)$, $P_1(12,0,3)$, $P_2(5,0,6)$, $P_3(12,0,8)$, $P_4(5,0,10)$



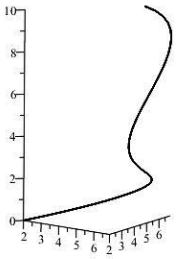
Kurva kuartik Bezier yang telah dimodifikasi dalam bentuk kurva Bezier berderajat lima dengan $\lambda_{41} = 0.1$, $\lambda_{42} = 1$, $\lambda_{43} = 2$, $\lambda_{44} = 0.1$



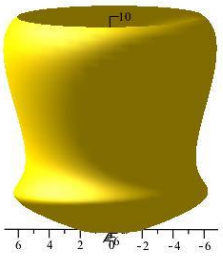
Kurva kuartik Bezier yang telah dimodifikasi dalam bentuk kurva Bezier berderajat lima yang telah diputar terhadap sumbu Z



Kurva kuartik Bezier dengan titik kontrol $P_0(3,0,0)$, $P_1(12,0,3)$, $P_2(5,0,6)$, $P_3(12,0,8)$, $P_4(5,0,10)$



Kurva kuartik Bezier yang telah dimodifikasi dalam bentuk kurva Bezier berderajat lima dengan $\lambda_{41} = 0.1$, $\lambda_{42} = 1$, $\lambda_{43} = 2$, $\lambda_{44} = 0.1$

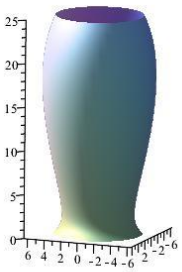


Kurva kuartik Bezier yang telah dimodifikasi dalam bentuk kurva Bezier berderajat lima yang telah diputar terhadap sumbu Z

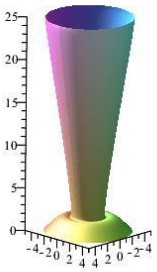
Gambar 4.5 Modifikasi Kurva Kuartik Bezier ke dalam Bentuk Kurva Bezier Berderajat Lima

Gambar 4.5 menunjukkan nilai $\lambda_{41}, \lambda_{42}, \lambda_{43}, \lambda_{44}$ sangat berpengaruh dalam memberikan perbedaan lekukan pada kurva yang sudah dimodifikasi. Semakin besar nilai parameternya maka semakin signifikan pula perbedaan lekukannya. Berikut ini adalah beberapa contoh benda putar kurva Bezier yang belum dimodifikasi dan yang sudah dimodifikasi.

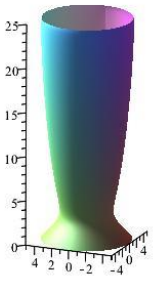
1. Titik kontrol pada contoh kedua yaitu $P_0(5,0,0)$, $P_1(3,0,2)$, $P_2(4,0,4)$, $P_3(9,0,17)$, $P_4(5,0,25)$.

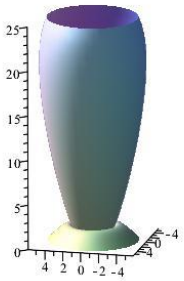


a. Permukan putar yang belum dimodifikasi



b. $\lambda_{41} = -1, \lambda_{42} = 1, \lambda_{43} = 2, \lambda_{44} = 0.1$



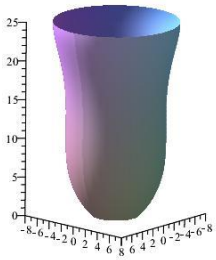


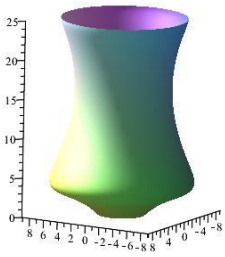
c. $\boldsymbol{\lambda_{41} = -1,\ \lambda_{42} = 0.5,\ \lambda_{43} = 1,\ \lambda_{44} = 0.1}$

d. $\boldsymbol{\lambda_{41} = -1, \lambda_{42} = 1, \lambda_{43} = 2, \lambda_{44} = 1}$

Gambar 4.6 Contoh Pertama Permukaan Putar Kurva Bezier

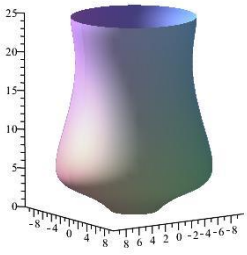
2. Titik kontrol pada contoh ketiga yaitu $P_0(3,0,0)$, $P_1(10,0,7)$, $P_2(3,0,15)$, $P_3(8,0,20)$, $P_4(8,0,25)$.

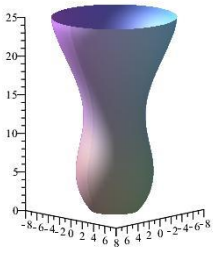




a. Permukan putar yang belum dimodifikasi

b. $\lambda_{41} = 0.1, \lambda_{42} = 2, \lambda_{43} = 2, \lambda_{44} = 0.5$





c. $\lambda_{41} = 0.1, \lambda_{42} = 2, \lambda_{43} = 1, \lambda_{44} = 1$

d. $\lambda_{41} = 0.5, \lambda_{42} = 0.5, \lambda_{43} = 2, \lambda_{44} = 1$

Gambar 4.7 Contoh Kedua Permukaan Putar Kurva Bezier

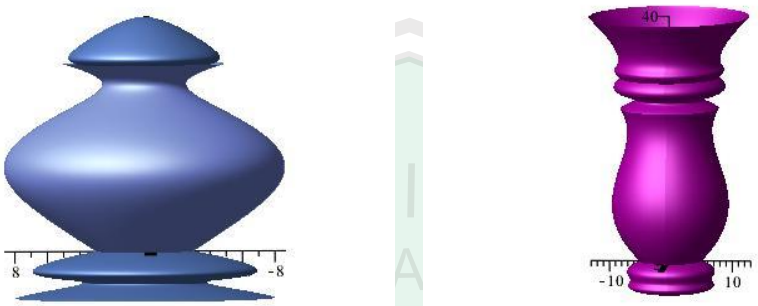
Dalam hal ini perubahan bentuk kurva yang terlihat dalam Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 di atas mutlak dipengaruhi oleh letak pergeseran titik-titik kontrol $W_{41}, W_{42}, W_{43}, W_{44}$ di sepanjang masing-masing sisi sisi poligon Bezier $[P_0, P_1, P_2, P_3, P_4]$ dari kurva kuartik Bezier. Hasil pemilihan parameter $\lambda_{41}, \lambda_{42}, \lambda_{43}, \lambda_{44}$ yang berbeda-beda mempengaruhi $W_{41}, W_{42}, W_{43}, W_{44}$ meskipun P_0, P_1, P_2, P_3, P_4 sama.

Gambar 4.8 Beberapa Contoh Aplikasi Kurva Bezier pada Keramik Secara Sederhana

Setelah beberapa contoh hasil bentuk-bentuk permukaan putar kurva Bezier berderajat lima dari modifikasi kurva kuartik Bezier dapat disimpulkan bahwa perubahan bentuk kurva mutlak dipengaruhi oleh letak pergeseran titik-titik kontrol $W_{41}, W_{42}, W_{43}, W_{44}$ di sepanjang masing-masing sisi sisi poligon Bezier $[P_0, P_1, P_2, P_3, P_4]$ dari kurva kuartik Bezier. Hasil pemilihan parameter $\lambda_{41}, \lambda_{42}, \lambda_{43}, \lambda_{44}$ yang berbeda-beda mempengaruhi $W_{41}, W_{42}, W_{43}, W_{44}$ meskipun P_0, P_1, P_2, P_3, P_4 sama. Perubahan terjadi pada titik kontrol P_1, P_2 dan P_3 dimana kedua titik itu menjadi W_{41}, W_{42}, W_{43}dan W_{44}. Nilai empat titik kontrol baru yang diperlukan pada kurva Bezier berderajat lima hasil modifikasi kurva kuartik Bezier. Keempat titik tersebut, masih bergantung pada lima titik kontrol kurva kuartik Bezier.

Beberapa contoh aplikasi kurva Bezier pada desain benda industri keramik telah disajikan. Selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk memodelkan benda industri

keramik yang lain, misalnya vas bunga, lampu teplik, lampu meja marmer dan keramik lainnya.



Gambar 4.9 Variasi Aplikasi Kurva Bezier Termodifikasi pada Keramik yang Lebih Kompleks

4.3 Iterpretasi al-Quran pada Kurva Bezier Berderajat Lima Dari Hasil Modifikasi Kurva Kuartik Bezier pada Desain Relief Benda Industri Keramik

Definisi garis dalam *Geometri Euclid* adalah sebuah lengkungan lurus. Sedangkan segmen garis adalah garis yang berada di antara dua titik. Pada Gambar 4.2 yang menggambarkan tentang modifikasi kurva kuartik Bezier melalui kurva Bezier berderajat lima. Manusia diciptakan sebagai makhluk yang memiliki akal dan hawa nafsu. Sehingga, manusia mempunyai keinginan atau target yang ingin dicapainya karena adanya hawa nafsu dalam diri manusia. Misalkan titik-titik kontrol $P_0, P_1, P_2,\ P_3,\ P_4$ adalah keinginan manusia selama hidup di dunia seprti pekerjaan, rencana pendidikan, impian, dan lain-lain sebagainya. Tetapi, manusia tidak lepas dari pengawasan Allah sebagai pencipta alam semesta. Di samping manusia mempunyai rencana akan kehidupannya di dunia, Allah juga mempunyai rencana-rencana bagi hamba-hambanya yang pasti

lebih baik dari pada rencana manusia itu sendiri. Misalkan titik-titik kontrol baru $W_{41}, W_{42}, W_{43}, W_{44}$ adalah rencana Allah diluar perkiraan manusia. Titik kontrol baru inilah yang menjadikan hidup manusia lebih berwarna dan indah. Sehingga, garis hidup manusia akan membentuk kurva yang lebih indah dengan adanya rencana Tuhan yang Maha Mengetahui. Masalah ataupun cobaan yang menimpa manusia tidak hanya berarti kesusahan dan kesedihan, dibalik itu semua Allah mengetahui mana yang lebih baik bagi mereka. Sebagaimana firman Allah dalam al-Quran surat Fatir/35:27

أَلَمۡ تَرَ أَنَّ ٱللَّهَ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءٗ فَأَخۡرَجۡنَا بِهِۦ ثَمَرَٰتٖ مُّخۡتَلِفًا أَلۡوَٰنُهَاۚ وَمِنَ ٱلۡجِبَالِ جُدَدُۢ بِيضٞ وَحُمۡرٞ مُّخۡتَلِفٌ أَلۡوَٰنُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٞ ٢٧

"Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat."(QS. Fatir/35:27).

Menurut Departemen Agama Indonesia pada ayat ini Allah menguraikan beberapa hal yang menunjukkan kesempurnaan dan kekuasan-Nya yang oleh kaum musyrikin dapat dilihat setiap waktu yang kalau mereka menyadari dan menginsafi semuanya itu tentunya mereka akan menyadari pula keesaan dan kekuasaan Allah. Allah menjadikan sesuatu yang beraneka ragam macamnya yang bersumber dari yang satu. Allah menurunkan hujan dari langit, karenanya tumbuhlah tumbuh-tumbuhan yang mengeluarkan buah-buahan yang beraneka ragam warna, rasa dan baunya, sebagaimana yang kita saksikan. Buah-buahan itu warnanya ada yang kuning, ada yang merah, ada yang hijau dan sebagainya. Masalah-masalah yang datang dalam kehidupan manusia beraneka ragam dan Allah lah yang menurunkannya, tetapi dengan berjalannya waktu kebahagiaan

akan tumbuh dan berbuah manis rasanya. Sehingga, kehidupan manusia menjadi berwarna dan indah.

Allah juga menciptakan gunung-gunung yang kelihatan seperti garis-garis ada yang kelihatan putih, ada yang merah, ada yang kelihatan hitam pekat, sebagaimana yang dapat kita saksikan. Di antara gunung-gunung itu terbentang pula jalan-jalan yang beraneka ragam pula warnanya. Garis-garis ini ibarat hidup manusia, tidak hanya lurus saja, tapi juga berkelok-kelok yang membuat hidup manusia semakin indah.

Modifikasi kurva kuartik Bezier melalui kurva Bezier berderajat lima dimaksudkan pada perencanaan awal adalah kurva kuartik Bezier dan untuk memperindah kurva tersebut dilakukanlah modifikasi melalui kurva Bezier berderajat lima. Sehingga, bentuk kurva yang sudah dimodifikasi akan menjadi lebih indah. Pada saat pengaplikasiannya pada benda industri keramik, akan menghasilkan keramik yang desainnya lebih bagus dari pada desain awalnya. Karena Allah mencintai keindahan, seperti hadist yang diriwayatkan oleh Thabarani dan al-Hakim yang berbunyi

إِنَّ اللهَ جَمِيْلٌ يُحِبُّ الْجَمَلْ

"Tuhan itu maha indah dan mencintai keindahan" (HR. Thabarani dan Al-Hakim).

Kata yang digunakan dalam hadist ini adalah *jamal* dan kata tersebut dikaitkan dengan cinta. Tetapi tidak semua keindahan yang tergolong *husn* bermakna negatif, karena untuk nama Allah yang indah disebut *asma al-husna*. Keindahan dapat dibedakan menjadi keindahan yang bersifat *zawahir* (fenomenal) dan keinadahan yang tetap atau sejati (Martono, 2011).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab IV, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari modifikasi kurva kuartik Bezier pada bentuk kurva Bezier berderajat lima diperoleh dari matrik modifikasi Hermit dan penetapan titik kontrol poligon baru sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} V_M(u) = {} & P_0(1-5u+10u^2-10u^3+5u^4-u^5)+W_{41}(5u-20u^2+30u^3-20u^4+5u^5) \\ & +W_{42}(10u^2-30u^3+30u^4-10u^5)+W_{43}(10u^3-20u^4+10u^5) \\ & +W_{44}(10u^3-15u^4+5u^5)+P_4(u^5) \end{aligned}$$

   Pada bentuk kuartik Bezier hasil modifikasi kubik Bezier memiliki 5 titik kontrol yaitu $\Omega = [P_0, W_{41}, W_{42}, W_{43}, W_{44}, P_4]$. Selanjutnya dipilih nilai yang beragam pada data titik untuk menghasilkan bentuk-bentuk permukaan putar.

2. Bentuk-bentuk dari permukaan putar kurva Bezier berderajat lima hasil dari modifikasi kurva kuartik Bezier dengan beberapa pemilihan data titik kontrol P_0, P_1, P_2, P_3 dan P_4, titik kontrol yang baru W_{41}, W_{42}, W_{43}dan W_{44} yang dipengaruhi oleh pemberian nilai parameter $\lambda_{41}, \lambda_{42}, \lambda_{43}, \lambda_{44}$ menyajikan hasil yang berbeda-beda. Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengkonstruksi keramik yaitu menentukan tinggi dan jari-jari bendanya. Sehingga, dapat dimanfaatkan untuk memodelkan benda industri keramik yang lain, misalnya vas bunga, lampu teplik, lampu meja marmer dan keramik lainnya.

3. Interpretasi al-Quran pada modifikasi kurva kurva kuartik Bezier melalui kurva Bezier berderajat lima dimaksudkan pada perencanaan awal adalah kurva kuartik Bezier dan untuk memperindah kurva tersebut dilakukanlah modifikasi melalui kurva Bezier berderajat lima. Sehingga, bentuk kurva yang sudah dimodifikasi akan menjadi lebih indah. Pada saat pengaplikasiannya pada benda industri keramik, akan menghasilkan keramik yang desainnya lebih bagus dari pada desain awalnya.

5.2 Saran

Pada skripsi ini telah dibahas modifikasi kurva kuartik Bezier terhadap bentuk kurva Bezier berderajat lima dan aplikasi modifikasi kurva kuartik Bezier terhadap bentuk kurva Bezier berderajat lima pada desain keramik. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan modifikasi kurva kuartik Bezier ke dalam derajat-n. Selain itu, dapat ditawarkan desain benda relief yang lebih bervariasi dengan menggabungkan kurva Bezier dan benda-benda geometri ruang.

DAFTAR PUSTAKA

Anis, I. & al-Wasit, A. 1992. *Buku Saku Filsafat Islam*. Bandung: Arasy Mizan.

Arinda, D. 2007. *Konstruksi Vas Bunga Melalui Penggabungan Beberapa Benda Geometri Ruang*. Skripsi tidak dipublikasikan. Jember: Universitas Jember.

Echols, J.M. & Shadily, H. 1992. *Kamus Indonesia-Inggris*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Bastian, A. 2011. *Desain Kap Lampu Duduk Melalui Penggabungan Benda-benda Geometri Ruang*. Skripsi tidak dipublikasikan. Jember: Universitas Jember.

Budiono, M. 2011. *Pemodelan Handle Pintu Tipe Simetris Melalui TeknikPenggabungan Beberapa Benda Geometri Ruang*. Skripsi tidak dipublikasikan. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

Juliyanto, B. 2002. *Hitung Volume dan Ekivalensi Volume Polihedron.* Skripsi tidak dipublikasikan. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

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

Kusno. 2003. *Geometri Rancang Bangun. Studi Surfas Putar Transformasi Titik Dan Proyeksi*. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

Kusno. 2007. Modelisasi Benda Onyx dan Marmer Melalui Penggabungan dan Pemilihan Parameter Pengubah Bentuk Permukaan Putar Bezier. *Jurnal Ilmu Dasar*, 8 (2): 175-185.

Kusno. 2010. *Geometri Rancang Bangun. Studi Tentang Desain dan Pemodelan Benda dengan Kurva dan Permukaan Berbantu Komputer*. Jember: Jember University Press.

Martono. 2011. *Estetika Sastra dan Budaya*. Jakarta: Grafindo Persada.

Mortenson, E. 1996. *Geometric Modelling*. New York: Willey Komputer Publishing.

Mortenson, E. 1999. *Mathematics for Computer Graphics Applications*. New York: Industrial Press, Inc.

Munandar, Utami. 1985. *Mengembangkan Bakat dan Kreativitas Anak Sekolah*. Jakarta: Gramedia Persada Utama.

Narjoko, D., Anas T. & Aswicahyono H. 2015. *Ekonomi Kreatif: Rencana Pengembangan Kerajinan Nasional*. Jakarta: PT. Republik Solusi.

Ngazis, A., Gloria, N. & Angelia. *Industri Kreatif, Potensi yang Mejanjikan*. (Online), (http://www.viva.co.id/read/696532-industri-kreatif-potensi-yang-menjanjikan), diakses tanggal 15 Januari 2016.

Octafiatiningsih, E. 2015. *Penerapan Kurva Bezier Karakter Simetri Dan Putar Pada Kap Lampu Duduk Menggunakan Maple*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Purcell, E.J.,Verberg, D.& Ringdom, S.E. 1987. *Kalkulus dan Geometri Analitis.* Jilid2. Edisi ke-5. Terjemahan Nyoman Susilo. Jakarta: Erlangga.

Purwanto, B. 2004. *Konstruksi Bentuk Kotak Penyimpan Alat Tulis Kantor Dengan Penggabungan Benda-Benda Dasar Geometri*. Skripsi tidak dipublikasikan. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

Reyes, S. 2015. Detecting Symetries in Polynomial Bezier Curves. *Journal of Computational And Applied Mathematics*. 288: 274-283.

Roifah, M. 2013. *Modelisasi Knop Melalui Penggabungan Benda Dasar Hasil Deformasi Tabung, Prisma Segienam Beraturan, dan Permukaan Putar*. Skripsi tidak dipublikasikan. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

Shihab, M. Q. 1996. *Wawasan al-Quran*. Bandung: Mizan.

Shihab, M. Q. 2003. Tafsir Al-Mishbah. Jakarta: Lentera hati.

Soebari. 1995. *Geometri Analit*. Malang: Jurusan Matematika FPMIPA IKIP Malang.

Wahyudi, J. 2001. *Perancangan Objek-Objek Industri dengan Benda PermukaanPutar*. Skripsi tidak dipublikasikan. Jember: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Script Maple 17 Kurva Kuartik Bezier

```
restart; with(plots)
p0x := 3; p0y := 0; p0z := 0
p1x := 12; p1y := 0; p1z := 6
p2x := 5; p2y := 0; p2z := 10
p3x := 2; p3y := 0; p3z := 11
p4x := 5; p4y := 0; p4z := 12
mx1 := p0x*(1-u)^5+5*np41x*(1-u)^4*u+10*np42x*(1-
u)^3*u^2+10*np43x*(1-u)^2*u^3+5*np44x*(1-u)*u^4+u^5*p4x
my1 := p0y*(1-u)^5+5*np41y*(1-u)^4*u+10*np42y*(1-
u)^3*u^2+10*np43y*(1-u)^2*u^3+5*np44y*(1-u)*u^4+u^5*p4y
mz1 := p0z*(1-u)^5+5*np41z*(1-u)^4*u+10*np42z*(1-
u)^3*u^2+10*np43z*(1-u)^2*u^3+5*np44z*(1-u)*u^4+u^5*p4z
a := plot3d([mx1*cos(v), mx1*sin(v), mz1], u = 0 .. 1,
v = 0 .. 2*Pi, style = surface)
```

Script Maple 17 Modifikasi Kurva Bezier Berderajat Lima Dari Kurva Kuartik Bezier

```
restart; with(plots)
p0x := 3; p0y := 0; p0z := 0
p1x := 12; p1y := 0; p1z := 6
p2x := 5; p2y := 0; p2z := 10
p3x := 2; p3y := 0; p3z := 11
p4x := 5; p4y := 0; p4z := 12
lamda41 := .1; lamda42 := 1; lamda43 := .5; lamda44 :=
2
np41x := lamda41*p0x+(1-lamda41)*p1x
np41y := lamda41*p0y+(1-lamda41)*p1y
np41z := lamda41*p0z+(1-lamda41)*p1z
np42x := lamda42*p1x+(1-lamda42)*p2x
np42y := lamda42*p1y+(1-lamda42)*p2y
np42z := lamda42*p1z+(1-lamda42)*p2z
np43x := lamda43*p2x+(1-lamda43)*p3x
np43y := lamda43*p2y+(1-lamda43)*p3y
np43z := lamda43*p2z+(1-lamda43)*p3z
np44x := lamda44*p3x+(1-lamda44)*p4x
np44y := lamda44*p3y+(1-lamda44)*p4y
np44z := lamda44*p3z+(1-lamda44)*p4z
mx1 := p0x*(1-u)^5+5*np41x*(1-u)^4*u+10*np42x*(1-
u)^3*u^2+10*np43x*(1-u)^2*u^3+5*np44x*(1-u)*u^4+u^5*p4x
my1 := p0y*(1-u)^5+5*np41y*(1-u)^4*u+10*np42y*(1-
u)^3*u^2+10*np43y*(1-u)^2*u^3+5*np44y*(1-u)*u^4+u^5*p4y
mz1 := p0z*(1-u)^5+5*np41z*(1-u)^4*u+10*np42z*(1-
u)^3*u^2+10*np43z*(1-u)^2*u^3+5*np44z*(1-u)*u^4+u^5*p4z
a := plot3d([mx1*cos(v), mx1*sin(v), mz1], u = 0 .. 1,
v = 0 .. 2*Pi, style = surface)
```

Script Maple 17 Aplikasi Sederhana

```
restart; with(plots)
p0x := 3; p0y := 0; p0z := 0
p1x := 12; p1y := 0; p1z := 6
p2x := 5; p2y := 0; p2z := 10
p3x := 2; p3y := 0; p3z := 11
p4x := 5; p4y := 0; p4z := 12
lamda41 := .1; lamda42 := 1; lamda43 := .5; lamda44 :=
2
np41x := lamda41*p0x+(1-lamda41)*p1x
np41y := lamda41*p0y+(1-lamda41)*p1y
np41z := lamda41*p0z+(1-lamda41)*p1z
np42x := lamda42*p1x+(1-lamda42)*p2x
np42y := lamda42*p1y+(1-lamda42)*p2y
np42z := lamda42*p1z+(1-lamda42)*p2z
np43x := lamda43*p2x+(1-lamda43)*p3x
np43y := lamda43*p2y+(1-lamda43)*p3y
np43z := lamda43*p2z+(1-lamda43)*p3z
np44x := lamda44*p3x+(1-lamda44)*p4x
np44y := lamda44*p3y+(1-lamda44)*p4y
np44z := lamda44*p3z+(1-lamda44)*p4z
mx1 := p0x*(1-u)^5+5*np41x*(1-u)^4*u+10*np42x*(1-
u)^3*u^2+10*np43x*(1-u)^2*u^3+5*np44x*(1-u)*u^4+u^5*p4x
my1 := p0y*(1-u)^5+5*np41y*(1-u)^4*u+10*np42y*(1-
u)^3*u^2+10*np43y*(1-u)^2*u^3+5*np44y*(1-u)*u^4+u^5*p4y
mz1 := p0z*(1-u)^5+5*np41z*(1-u)^4*u+10*np42z*(1-
u)^3*u^2+10*np43z*(1-u)^2*u^3+5*np44z*(1-u)*u^4+u^5*p4z
a := plot3d([mx1*cos(v), mx1*sin(v), mz1], u = 0 .. 1,
v = 0 .. 2*Pi, style = surface)
restart; with(plots)
p0x := 3; p0y := 0; p0z := 0
p1x := 12; p1y := 0; p1z := 6
p2x := 5; p2y := 0; p2z := 10
p3x := 2; p3y := 0; p3z := 11
p4x := 5; p4y := 0; p4z := 12
lamda41 := .1; lamda42 := 1; lamda43 := .5; lamda44 :=
2
np41x := lamda41*p0x+(1-lamda41)*p1x
np41y := lamda41*p0y+(1-lamda41)*p1y
np41z := lamda41*p0z+(1-lamda41)*p1z
np42x := lamda42*p1x+(1-lamda42)*p2x
np42y := lamda42*p1y+(1-lamda42)*p2y
np42z := lamda42*p1z+(1-lamda42)*p2z
np43x := lamda43*p2x+(1-lamda43)*p3x
np43y := lamda43*p2y+(1-lamda43)*p3y
np43z := lamda43*p2z+(1-lamda43)*p3z
np44x := lamda44*p3x+(1-lamda44)*p4x
np44y := lamda44*p3y+(1-lamda44)*p4y
```

```
np44z := lamda44*p3z+(1-lamda44)*p4z
mx1 := p0x*(1-u)^5+5*np41x*(1-u)^4*u+10*np42x*(1-
u)^3*u^2+10*np43x*(1-u)^2*u^3+5*np44x*(1-u)*u^4+u^5*p4x
my1 := p0y*(1-u)^5+5*np41y*(1-u)^4*u+10*np42y*(1-
u)^3*u^2+10*np43y*(1-u)^2*u^3+5*np44y*(1-u)*u^4+u^5*p4y
mz1 := p0z*(1-u)^5+5*np41z*(1-u)^4*u+10*np42z*(1-
u)^3*u^2+10*np43z*(1-u)^2*u^3+5*np44z*(1-u)*u^4+u^5*p4z
a := plot3d([mx1*cos(v), mx1*sin(v), mz1], u = 0 .. 1,
v = 0 .. 2*Pi, style = surface)
display([a,b])
```

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM
PUSAT PERPUSTAKAAN

Script maple 17 Aplikasi Kompleks

```
restart; with(plots)
p0x := 3; p0y := 0; p0z := 0
p1x := 12; p1y := 0; p1z := 6
p2x := 5; p2y := 0; p2z := 10
p3x := 2; p3y := 0; p3z := 11
p4x := 5; p4y := 0; p4z := 12
lamda41 := .1; lamda42 := 1; lamda43 := .5; lamda44 :=
2
np41x := lamda41*p0x+(1-lamda41)*p1x
np41y := lamda41*p0y+(1-lamda41)*p1y
np41z := lamda41*p0z+(1-lamda41)*p1z
np42x := lamda42*p1x+(1-lamda42)*p2x
np42y := lamda42*p1y+(1-lamda42)*p2y
np42z := lamda42*p1z+(1-lamda42)*p2z
np43x := lamda43*p2x+(1-lamda43)*p3x
np43y := lamda43*p2y+(1-lamda43)*p3y
np43z := lamda43*p2z+(1-lamda43)*p3z
np44x := lamda44*p3x+(1-lamda44)*p4x
np44y := lamda44*p3y+(1-lamda44)*p4y
np44z := lamda44*p3z+(1-lamda44)*p4z
mx1 := p0x*(1-u)^5+5*np41x*(1-u)^4*u+10*np42x*(1-
u)^3*u^2+10*np43x*(1-u)^2*u^3+5*np44x*(1-u)*u^4+u^5*p4x
my1 := p0y*(1-u)^5+5*np41y*(1-u)^4*u+10*np42y*(1-
u)^3*u^2+10*np43y*(1-u)^2*u^3+5*np44y*(1-u)*u^4+u^5*p4y
mz1 := p0z*(1-u)^5+5*np41z*(1-u)^4*u+10*np42z*(1-
u)^3*u^2+10*np43z*(1-u)^2*u^3+5*np44z*(1-u)*u^4+u^5*p4z
a := plot3d([mx1*cos(v), mx1*sin(v), mz1], u = 0 .. 1,
v = 0 .. 2*Pi, style = surface)
restart; with(plots)
p0x := 3; p0y := 0; p0z := 0
p1x := 12; p1y := 0; p1z := 6
p2x := 5; p2y := 0; p2z := 10
p3x := 2; p3y := 0; p3z := 11
p4x := 5; p4y := 0; p4z := 12
lamda41 := .1; lamda42 := 1; lamda43 := .5; lamda44 :=
2
np41x := lamda41*p0x+(1-lamda41)*p1x
np41y := lamda41*p0y+(1-lamda41)*p1y
np41z := lamda41*p0z+(1-lamda41)*p1z
np42x := lamda42*p1x+(1-lamda42)*p2x
np42y := lamda42*p1y+(1-lamda42)*p2y
np42z := lamda42*p1z+(1-lamda42)*p2z
np43x := lamda43*p2x+(1-lamda43)*p3x
np43y := lamda43*p2y+(1-lamda43)*p3y
np43z := lamda43*p2z+(1-lamda43)*p3z
np44x := lamda44*p3x+(1-lamda44)*p4x
np44y := lamda44*p3y+(1-lamda44)*p4y
```

```
np44z := lamda44*p3z+(1-lamda44)*p4z
mx1 := p0x*(1-u)^5+5*np41x*(1-u)^4*u+10*np42x*(1-
u)^3*u^2+10*np43x*(1-u)^2*u^3+5*np44x*(1-u)*u^4+u^5*p4x
my1 := p0y*(1-u)^5+5*np41y*(1-u)^4*u+10*np42y*(1-
u)^3*u^2+10*np43y*(1-u)^2*u^3+5*np44y*(1-u)*u^4+u^5*p4y
mz1 := p0z*(1-u)^5+5*np41z*(1-u)^4*u+10*np42z*(1-
u)^3*u^2+10*np43z*(1-u)^2*u^3+5*np44z*(1-u)*u^4+u^5*p4z
a := plot3d([mx1*cos(v), mx1*sin(v), mz1], u = 0 .. 1,
v = 0 .. 2*Pi, style = surface)
restart; with(plots)
p0x := 3; p0y := 0; p0z := 0
p1x := 12; p1y := 0; p1z := 6
p2x := 5; p2y := 0; p2z := 10
p3x := 2; p3y := 0; p3z := 11
p4x := 5; p4y := 0; p4z := 12
lamda41 := .1; lamda42 := 1; lamda43 := .5; lamda44 :=
2
np41x := lamda41*p0x+(1-lamda41)*p1x
np41y := lamda41*p0y+(1-lamda41)*p1y
np41z := lamda41*p0z+(1-lamda41)*p1z
np42x := lamda42*p1x+(1-lamda42)*p2x
np42y := lamda42*p1y+(1-lamda42)*p2y
np42z := lamda42*p1z+(1-lamda42)*p2z
np43x := lamda43*p2x+(1-lamda43)*p3x
np43y := lamda43*p2y+(1-lamda43)*p3y
np43z := lamda43*p2z+(1-lamda43)*p3z
np44x := lamda44*p3x+(1-lamda44)*p4x
np44y := lamda44*p3y+(1-lamda44)*p4y
np44z := lamda44*p3z+(1-lamda44)*p4z
mx1 := p0x*(1-u)^5+5*np41x*(1-u)^4*u+10*np42x*(1-
u)^3*u^2+10*np43x*(1-u)^2*u^3+5*np44x*(1-u)*u^4+u^5*p4x
my1 := p0y*(1-u)^5+5*np41y*(1-u)^4*u+10*np42y*(1-
u)^3*u^2+10*np43y*(1-u)^2*u^3+5*np44y*(1-u)*u^4+u^5*p4y
mz1 := p0z*(1-u)^5+5*np41z*(1-u)^4*u+10*np42z*(1-
u)^3*u^2+10*np43z*(1-u)^2*u^3+5*np44z*(1-u)*u^4+u^5*p4z
a := plot3d([mx1*cos(v), mx1*sin(v), mz1], u = 0 .. 1,
v = 0 .. 2*Pi, style = surface)
```