

Variasi *Spline* Kubik untuk Animasi Model Wajah 3D

Rachmansyah Budi Setiawan (13507014)¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹if17014@students.if.itb.ac.id

Abstrak — Metode numerik merupakan pendekatan untuk mencari solusi persoalan matematik yang tidak bisa diselesaikan dengan cara analitik. Salah satu persoalan matematika yang bisa diselesaikan dengan metode numerik adalah interpolasi polinom. Interpolasi polinom sering dimanfaatkan pada bidang grafika komputer. Salah satu metode interpolasi polinom yang sering digunakan pada bidang ini adalah *spline* kubik. Makalah ini membahas tentang penggunaan *spline* kubik dalam pembentukan model wajah. Selain itu, makalah ini juga membahas variasi metode *spline* kubik dan penggunaannya untuk membuat animasi model wajah.

Kata Kunci — numerik, interpolasi, *spline*, model, animasi

I. PENDAHULUAN

Matematika merupakan salah satu bidang ilmu yang dekat dengan kehidupan manusia sehari-hari. Banyak persoalan di dunia nyata yang dapat direpresentasikan dalam bentuk persoalan matematika. Persoalan-persoalan tersebut dapat ditemui dalam berbagai bidang, misalnya bidang rekayasa.

Pada umumnya persoalan matematika diselesaikan dengan menggunakan rumus-rumus yang sudah lazim digunakan. Cara formal untuk menyelesaikan persoalan matematika seperti ini disebut juga metode analitik atau metode sejati. Solusi yang didapatkan dengan menggunakan metode analitik merupakan solusi yang sejati atau memiliki nilai galat sama dengan nol.

Sayangnya, banyak bentuk persoalan matematika yang tidak dapat diselesaikan hanya menggunakan metode analitik. Oleh karena itu, manusia mencari cara untuk mencari solusi dari persoalan-persoalan yang tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan metode analitik. Solusinya didefinisikan sebagai metode numerik.

Metode numerik dapat didefinisikan sebagai teknik yang digunakan untuk memformulasikan persoalan matematik sehingga dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan/aritmetika biasa (tambah, kurang, kali, dan bagi) [2]. Dengan menggunakan metode numerik, persoalan-persoalan yang tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan metode analitik dapat dicari solusi hampirannya. Solusi hampiran ini tentu saja memiliki

selisih perbedaan nilai dengan solusi sejati. Nilai selisih ini disebut galat.

Ada beberapa jenis persoalan matematika yang dapat diselesaikan dengan menggunakan metode numerik. Salah satunya adalah persoalan interpolasi polinom. Persoalan interpolasi polinom merupakan persoalan untuk mencari suatu polinom yang dapat menghubungkan sekumpulan titik yang diketahui. Polinom yang didapatkan dari interpolasi ini dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mencari kaitan yang hilang. Interpolasi polinom sering digunakan untuk membantu menggambar kurva dari suatu hasil percobaan.

Interpolasi polinom sering dimanfaatkan untuk bidang yang terkait dengan grafika komputer. Salah satu bidang terapannya adalah untuk membuat model wajah dan membuat animasi pada wajah. Salah satu metode interpolasi polinom yang banyak digunakan untuk kepentingan ini adalah interpolasi *spline*, khususnya *spline* kubik.

II. INTERPOLASI *SPLINE* KUBIK

Interpolasi *spline* merupakan metode yang memiliki perbedaan cukup signifikan dengan metode interpolasi lainnya, seperti polinom Lagrange dan Newton. Pada metode lain, polinom interpolasi yang didapatkan berjumlah satu buah dan menghubungkan seluruh titik data. Sementara itu pada interpolasi *spline*, titik data yang berdekatan dihubungkan dengan satu polinom sehingga jumlah polinom interpolasi yang didapatkan adalah sejumlah $m-1$ (dengan m adalah jumlah titik data).

Seperti pada metode lainnya, orde polinom untuk interpolasi dapat ditentukan. Harapannya adalah semakin tinggi orde polinom, maka kurva yang dihasilkan akan semakin mulus dan mendekati kurva asli. Pada interpolasi *spline*, orde yang sering digunakan adalah orde tiga. Metode interpolasi *spline* dengan menggunakan polinom orde tiga disebut juga metode *spline* kubik.

Masing-masing polinom pada *spline* kubik dapat dituliskan sebagai

$$S_k(x) = a_k x^3 + b_k x^2 + c_k x + d_k \quad (1)$$

untuk $k = 1, 2, \dots, n$ dan n adalah jumlah titik data dikurangi satu atau dengan kata lain jumlah polinom kubik.

Masing-masing persamaan memiliki empat buah tetapan (a, b, c, d) dan terdapat n buah persamaan sehingga diperlukan $4n$ buah persamaan untuk memecahkan seluruh tetapan. Seluruh persamaan diperoleh dari lima persyaratan sebagai berikut:

1. Nilai fungsi harus sama pada titik simpul ($2n - 2$ buah persamaan)
2. Fungsi kubik yang pertama dan terakhir harus melalui titik-titik ujung (2 buah persamaan)
3. Turunan pertama pada titik simpul harus sama ($n-1$ buah persamaan)
4. Turunan kedua pada titik simpul harus sama ($n-1$ buah persamaan)
5. Turunan kedua pada titik-titik ujung adalah nol (2 buah persamaan)

Dari seluruh persyaratan di atas, didapatkan polinom kubik untuk tiap upaselang sebagai

$$S_k(x) = \frac{S''(x_{k-1})}{6(x_k - x_{k-1})} (x_k - x)^3 + \frac{S''(x)}{6(x_k - x_{k-1})} (x - x_{k-1})^3 + \left[\frac{S(x_{k-1})}{x_k - x_{k-1}} - \frac{S''(x_{k-1})(x_k - x_{k-1})}{6} \right] (x_k - x) + \left[\frac{S(x_k)}{x_k - x_{k-1}} - \frac{S''(x)(x_k - x_{k-1})}{6} \right] (x - x_{k-1}) \quad (2)$$

Pada persamaan (2), terdapat dua nilai yang tidak diketahui. Kedua nilai ini adalah turunan kedua pada ujung tiap upaselang. Kedua nilai ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) di bawah ini.

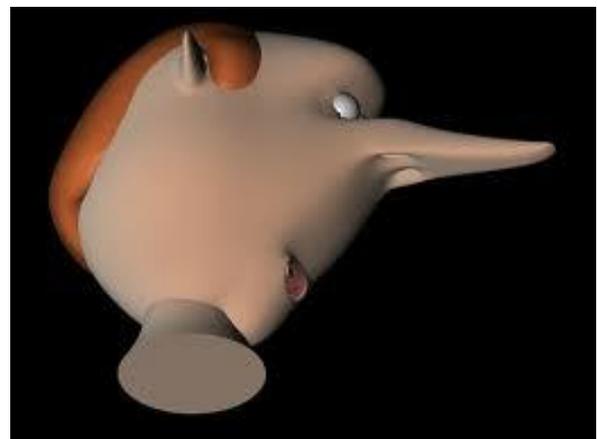
$$(x_k - x_{k-1})S''(x_{k-1}) + 2(x_{k+1} - x_{k-1})S''(x_k) + (x_{k+1} - x_k)S''(x_{k+1}) = \frac{6}{(x_{k+1} - x_k)} [S(x_{k+1}) - S(x_k)] + \frac{6}{(x_k - x_{k-1})} [S(x_{k-1}) - S(x_k)] \quad (3)$$

III. MODEL WAJAH

Wajah manusia merupakan bentuk yang kompleks. Pada bagian luar, terdapat komponen-komponen seperti mata, hidung, mulut, dan alis. Semua komponen tersebut digerakkan oleh otot pada wajah yang jumlahnya sangat banyak. Pembuatan model wajah yang realistis harus memperhitungkan proporsi dari masing-masing komponen. Akan tetapi, tidak jarang masing-masing komponen wajah dibuat dalam proporsi yang tidak realistis. Hal ini umumnya dilakukan dalam pembuatan model wajah untuk karakter kartun atau film animasi. Gambar 2 merupakan contoh model wajah dengan proporsi hidung yang tidak realistis.



Gambar 1. Model wajah manusia yang realistis



Gambar 2. Model wajah karakter animasi

Saat ini, model wajah umumnya dibuat dengan bantuan komputer dan perangkat lunak yang terkait. Model wajah dapat dibuat dengan cara manual (menggambarkan model wajah secara keseluruhan) dan dapat juga dibuat menggunakan parameter. Parameter yang digunakan untuk membuat model wajah secara sederhana terdiri dari titik-titik data untuk masing-masing komponen wajah. Pada kumpulan titik data tersebut, diperlukan juga suatu titik khusus yang

berfungsi untuk menjaga proporsi dari masing-masing komponen wajah. Titik ini dapat ditentukan dengan melihat anatomi wajah manusia atau berdasarkan pengalaman dan/atau keinginan seorang animator.

IV. ANIMASI

Animasi adalah ilusi pergerakan yang dihasilkan oleh penampakan sekumpulan gambar dengan cepat. Ilusi yang ditampilkan merupakan efek dari fenomena yang dinamakan *persistence of vision*, yaitu kemunculan sebuah *afterimage* 1/25 detik pada retina. Beberapa teknik animasi yang populer diantaranya adalah animasi tradisional, *stop motion*, dan animasi komputer.

Teknik animasi tradisional digunakan pada hampir semua film animasi di abad ke-20. Animasi dibentuk melalui sekumpulan gambar yang disusun sedemikian sehingga gambar yang ditampilkan berbeda sedikit dengan gambar sebelumnya. Gambar yang juga disebut *frame* ini digambar satu per satu secara manual.

Animasi *stop motion* juga terdiri dari *frame-frame*, seperti pada animasi tradisional. Perbedaannya adalah sumber gambar yang digunakan pada *frame-frame* tersebut. Pada animasi tradisional, *frame* berisi gambar yang digambar manual oleh seorang animator. Sementara itu, *frame* pada animasi *stop motion* umumnya merupakan hasil foto dari objek di dunia nyata.

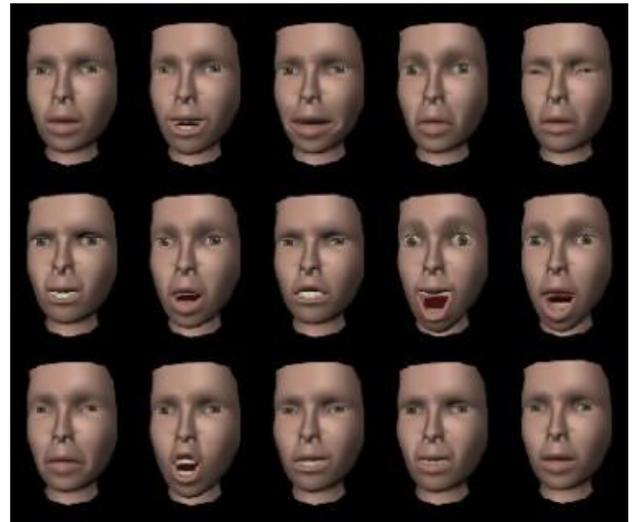
Animasi komputer merupakan teknik animasi yang menggunakan komputer untuk membuat animasi. Animasi komputer meliputi berbagai teknik animasi. Secara umum, animasi komputer dapat dibagi menjadi animasi 2D dan animasi 3D.

V. PEMODELAN WAJAH DENGAN *SPLINE* KUBIK

Pergerakan pada wajah dapat dipecah ke dalam gerakan masing-masing komponen pada wajah. Gerakan-gerakan yang mungkin dihasilkan pada wajah sangat beragam namun secara sederhana dapat dibagi menjadi gerakan komponen wajah (seperti alis, mata, dan mulut) serta gerakan bagian lain pada wajah (seperti rahang, pipi, dan dahi).

Kombinasi gerakan-gerakan yang telah disebutkan sebelumnya dapat menghasilkan ekspresi yang berbeda-beda untuk suatu tipe wajah. Perubahan ekspresi wajah dari satu ekspresi ke yang lainnya dapat membentuk suatu animasi. Hambatan yang dialami oleh animator dalam membentuk animasi adalah karena keunikan ekspresi yang dihasilkan untuk masing-masing tipe wajah. Hal ini berarti untuk tipe wajah yang berbeda, maka pendefinisian animasi untuk membentuk suatu ekspresi juga akan berbeda. Oleh karena itu, animator mencari cara untuk mempermudah dan

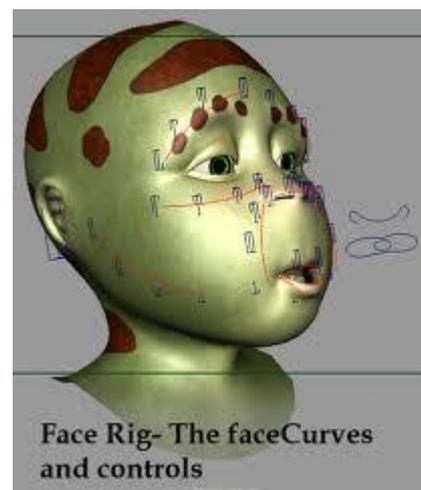
menyederhanakan pembuatan animasi untuk berbagai tipe wajah.



Gambar 3. Berbagai ekspresi wajah dengan kombinasi gerakan komponen wajah

Salah satu cara yang diusulkan Parke [3] adalah membuat model wajah dengan mendefinisikan sekumpulan parameter. Mengingat banyaknya komponen pada wajah dan kompleksnya ekspresi pada wajah, maka parameter yang diperlukan jumlahnya tidak sedikit. Tipe parameter yang digunakan secara sederhana adalah kumpulan titik pembentuk wajah dan komponennya dan titik kontrol per bagian wajah,

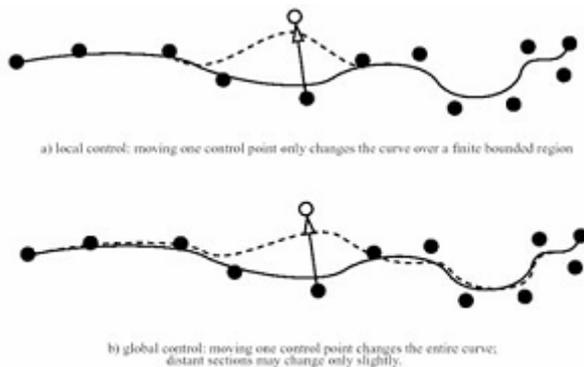
Parameter-parameter yang diberikan merupakan kumpulan titik data. Hal ini berarti titik-titik tersebut dapat dihubungkan dengan suatu garis dengan menggunakan interpolasi polinom. Proses yang dinamakan *face rig* ini akan menghasilkan suatu kerangka dasar dari komponen-komponen wajah.



Gambar 4. Proses *face rig* untuk membentuk kerangka dasar komponen wajah dari kumpulan titik

Proses *face rig* dapat memanfaatkan interpolasi *spline* untuk membentuk kerangka dasar wajah. Dalam menghubungkan titik-titik penentu komponen wajah, terdapat dua cara yang dapat digunakan pada metode *spline*. Cara pertama adalah interpolasi *spline* murni, yaitu menghasilkan polinom yang benar-benar melewati setiap titik data. Pada kasus ini, cara ini kurang bagus. Hal ini karena dengan menggunakan interpolasi *spline* murni maka kurva yang membentuk komponen wajah akan terlihat kurang mulus sehingga terkesan kaku. Cara kedua yang dapat membentuk kurva keseluruhan yang lebih mulus adalah interpolasi *spline* dengan pendekatan atau aproksimasi. Kurva yang dihasilkan oleh cara ini akan menghubungkan titik-titik ujung pada kumpulan titik data, namun tidak selalu melewati titik data lainnya. Hal ini membuat cara ini dapat menghasilkan kurva keseluruhan yang lebih mulus.

Pada interpolasi *spline* dengan aproksimasi, tingkat kemiringan dan kemulusan kurva dapat diatur melalui beberapa titik yang bukan titik ujung pada kumpulan data. Titik-titik ini dinamakan titik kontrol. Titik kontrol yang dapat digunakan terbagi menjadi dua jenis, yaitu titik kontrol lokal (hanya mempengaruhi kurva yang dibentuk oleh kumpulan kecil titik data) dan global (mempengaruhi seluruh titik data yang membentuk kurva suatu komponen). Penentuan titik kontrol untuk komponen wajah harus disesuaikan dengan jenis komponen tersebut.



Gambar 5. Titik kontrol penentu kemulusan kurva. (a) titik kontrol lokal, dan (b) titik kontrol global

VI. ANIMASI MODEL WAJAH DENGAN VARIASI *SPLINE* KUBIK

Proses *face rig* yang memanfaatkan interpolasi *spline* akan menghasilkan kerangka dasar yang merepresentasikan model wajah. Kerangka dasar inilah yang nantinya akan digunakan untuk membentuk animasi yang dinamis sehingga animator tidak perlu membuat ulang keseluruhan gerakan wajah secara manual. Pembuatan animasi ini juga akan memanfaatkan

interpolasi *spline*.

Fungsi untuk membuat polinom berdasarkan metode interpolasi *spline* umumnya memanfaatkan parameter waktu dan posisi awal untuk menentukan posisi berikutnya. Namun, karena pergerakan wajah merupakan pergerakan dalam ruang tiga dimensi, maka persamaan (2) perlu diterapkan untuk seluruh dimensi. Misalkan dimensi-dimensi yang ada diwakili oleh x , y , dan z , maka persamaan keseluruhan yang perlu dipenuhi untuk membentuk animasi berdasarkan interpolasi *spline* adalah

$$\begin{aligned} x(u) &= a_x u^3 + b_x u^2 + c_x u + d_x \\ y(u) &= a_y u^3 + b_y u^2 + c_y u + d_y \\ z(u) &= a_z u^3 + b_z u^2 + c_z u + d_z \end{aligned} \quad 0 \leq u \leq 1$$

$$x(u) = \begin{bmatrix} u^3 & u^2 & u & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_x \\ b_x \\ c_x \\ d_x \end{bmatrix} = \mathbf{U} \cdot \mathbf{C} \quad (4)$$

dimana u merupakan peubah yang digunakan (waktu), \mathbf{U} merupakan matriks u dalam orde yang berbeda-beda, dan \mathbf{C} merupakan matriks berisi koefisien polinom metode interpolasi *spline*. Persamaan (4) memiliki bentuk umum $x(u) = \mathbf{U} * \mathbf{M}_s * \mathbf{M}_g$, dimana \mathbf{M}_s adalah matriks yang mendefinisikan transformasi *spline* (blending function) dan \mathbf{M}_g adalah matriks yang mendefinisikan titik kontrol.

Berdasarkan dua jenis interpolasi *spline* yang telah dijelaskan sebelumnya (interpolasi *spline* murni dan interpolasi *spline* dengan aproksimasi), maka dapat diturunkan beberapa metode *spline* khusus yang umum digunakan dalam pembentukan animasi komputer. Metode-metode tersebut adalah Catmull-Rom *spline*, Cardinal *spline*, cubic B-*spline*, tensioned B-*spline*, dan beta *spline*. Metode-metode tersebut dapat didefinisikan dalam bentuk matriks 4 x 4. Matriks tersebut kemudian akan digunakan bersamaan dengan matriks yang berisi kumpulan titik kontrol untuk mendapatkan matriks yang berisi koefisien polinom metode interpolasi *spline*.

Catmull-Rom dan Cardinal *spline* termasuk interpolasi *spline* murni. Catmull-Rom *spline* dapat didefinisikan dalam bentuk matriks 4 x 4 pada persamaan (5). Cardinal *spline* adalah bentuk umum dari Catmull-Rom *spline*. Untuk mendefinisikan Cardinal *spline*, diperlukan satu parameter tambahan yaitu a yang mendefinisikan tension atau tingkat ketegangan kurva. Matriks yang mendefinisikan Cardinal *spline* dapat dilihat pada persamaan (6).

$$C = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 2 & -5 & 4 & -1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_a = \begin{bmatrix} -a & 2-a & a-2 & a \\ 2a & a-3 & 3-2a & -a \\ -a & 0 & a & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(5)

(6)

Dapat dilihat bahwa Catmull-Rom *spline* adalah Cardinal *spline* dengan nilai $a = 0.5$.

Ketiga metode lainnya, yaitu *cubic B-spline*, *tensioned B-spline*, dan *beta spline*, termasuk metode interpolasi dengan aproksimasi. *Cubic B-spline* dapat didefinisikan dengan matriks berikut

$$B = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

(7)

Tensioned B-spline dan *beta spline* merupakan generalisasi dari *cubic B-spline*, seperti hubungan antara Cardinal *spline* dan Catmull-Rom *spline*. *Tensioned B-spline* memiliki satu parameter yaitu *tension* untuk menentukan ketegangan kurva. Sementara itu, *beta spline* memiliki satu parameter tambahan yang disebut *bias*. *Bias* dideskripsikan sebagai rasio kecenderungan kemiringan kurva ke arah titik ujung kiri atau kanan. Matriks yang mendefinisikan *tensioned B-spline* adalah

$$B_a = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} -a & 12-9a & 9a-12 & a \\ 3a & 12a-18 & 18-15a & 0 \\ -3a & 0 & 3a & 0 \\ a & 6-2a & a & 0 \end{bmatrix}$$

(8)

Sementara itu, matriks yang mendefinisikan *beta spline* adalah

$$B_{\beta_1, \beta_2} = \frac{1}{\delta} \begin{bmatrix} -2\beta_1^3 & 2(\beta_2 + \beta_1^3 + \beta_1^2 + \beta_1) & -2(\beta_2 + \beta_1^2 + \beta_1 + 1) & 2 \\ \circ \beta_1^3 & -3(\beta_2 + 2\beta_1^3 + 2\beta_1^2) & 3(\beta_2 + 2\beta_1^2) & \circ \\ -\circ \beta_1^3 & \circ (\beta_1^3 - \beta_1) & \circ \beta_1 & \circ \\ 2\beta_1^3 & \beta_2 + 4(\beta_1^2 + \beta_1) & 2 & 0 \end{bmatrix}$$

(9)

dimana

$$\delta = \beta_2 + 2\beta_1^3 + 4\beta_1^2 + 4\beta_1 + 2$$

(10)

Dari persamaan (8) dan (9), dapat dilihat bahwa cubic *B-spline* adalah *tensioned B-spline* dengan nilai $a = 1$. Selain itu, cubic *B-spline* juga merupakan *beta spline* dengan nilai $\beta_1 = 1$ dan nilai $\beta_2 = 0$.

Kelima variasi metode *spline* tersebut dapat digunakan untuk membuat animasi pergerakan bagian-bagian pada wajah. Pembuatan animasi dengan memanfaatkan metode *spline* ini tentunya memerlukan kumpulan titik data untuk fungsi *spline*. Kumpulan titik data yang digunakan sebagai parameter untuk membentuk model wajah dapat digunakan juga sebagai masukan fungsi *spline* untuk membuat animasi pergerakan bagian wajah. Selain kumpulan titik data, perlu juga ditentukan titik-titik penting untuk mendefinisikan animasi. Titik-titik penting yang dimaksud adalah bagian utama wajah yang berubah saat terjadi pergerakan. Titik-titik tersebut dapat didefinisikan seolah-olah posisi otot atau sendi pada bagian wajah yang bergerak.

Kumpulan titik data sebagai sebuah parameter untuk membuat animasi berdasarkan interpolasi *spline* sebenarnya sudah cukup. Namun, untuk mempermudah pekerjaan umum seorang animator yang tidak hanya terlibat dengan satu tipe wajah, diperlukan parameter lain yang mendefinisikan pergerakan pada wajah. Parameter ini dapat didefinisikan sebagai fungsi tranlasi sederhana seperti perpindahan atau pengubahan skala, dan kombinasinya. Selain itu, untuk bagian-bagian tertentu, mungkin saja parameter untuk menggambarkan pergerakannya berupa sebuah fungsi atau algoritma khusus. Misalnya, saat terjadi pergerakan mengedipkan mata, maka perubahan bagian wajah tidak hanya terjadi di sekitar mata, namun juga meliputi dahi, alis, dan pipi. Untuk membantu pekerjaan animator, maka dapat dibuat algoritma yang mendefinisikan perubahan titik-titik mana saja yang terjadi dan apa perubahannya saat terjadi aksi tertentu.

DiPaola [1] sebelumnya juga pernah membuat suatu sistem animasi yang berbasiskan parameter. Sistem animasi ini diberi nama FAS. Karena tingkat

kompleksitas wajah tergolong tinggi, maka DiPaola menggunakan banyak parameter. Jumlah parameter yang digunakan pada sistem FAS kurang lebih sebanyak 100 buah parameter. Seluruh parameter ini digunakan untuk mengendalikan pergerakan bagian-bagian wajah dan kebanyakan diterapkan pada bagian-bagian spesifik pada wajah.

Kombinasi jenis parameter yang digunakan untuk mendefinisikan pergerakan bagian wajah dapat bermacam-macam. Namun, perlu diingat bahwa tujuan utama pembuatan sistem dengan parameter seperti ini adalah menggunakan sesedikit mungkin parameter untuk mencakup sebanyak mungkin area. Oleh karena itu, harus dirancang agar kumpulan parameter tetap sederhana dan memungkinkan pergerakan wajah yang natural. Selain itu, perancangan parameter juga sebisa mungkin sudah menangani masalah kompleksitas wajah sehingga animator dapat melakukan manipulasi model wajah secara natural.

VII. KESIMPULAN

Metode numerik dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan matematika yang dapat ditemui di kehidupan sehari-hari. Salah satu permasalahan yang dapat dipecahkan adalah masalah menghubungkan sekumpulan titik data dengan suatu persamaan, atau disebut juga interpolasi polinom. Metode yang ada untuk interpolasi polinom sendiri sudah cukup banyak. Salah satunya adalah interpolasi *spline*.

Interpolasi *spline* sudah umum digunakan pada bidang grafika komputer. Pada makalah ini dibahas penggunaan interpolasi polinom dengan metode *spline* kubik untuk membentuk model wajah dengan menggunakan parameter berupa kumpulan titik data. Selain itu, variasi metode *spline* kubik juga dapat digunakan untuk membuat animasi dari model wajah dengan menggunakan parameter tambahan berupa fungsi atau algoritma yang mendefinisikan pergerakan bagian wajah.

REFERENSI

- [1] DiPaola, Steve. "Extending the Range of Facial Types". 1992.
- [2] Munir, Rinaldi. *Metode Numerik untuk Teknik Informatika*. Institut Teknologi Bandung, 1997.
- [3] Parke, Frederic I. "Parameterized Models for Facial Animation". 1982.
- [4] Smith, Alvy Ray. "*Spline Tutorial Notes*". 1983.
- [5] <http://www.keremcaliskan.com/a-tutorial-on-computer-animation-ii-2/>

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 12 Mei 2011



Rachmansyah Budi Setiawan (13507014)