Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung

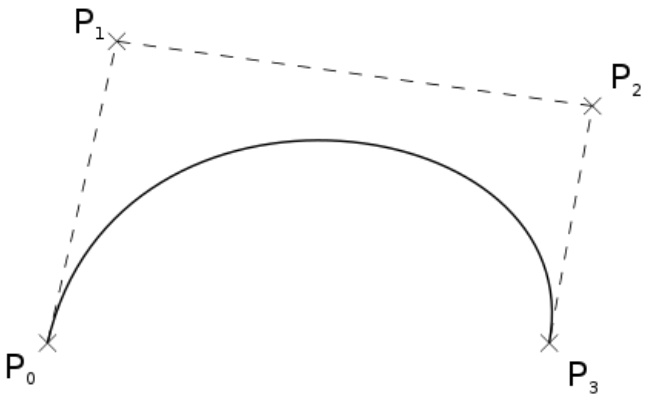
Tugas Kecil 2 IF2211 Strategi Algoritma
Semester II tahun 2023/2024

Membangun Kurva Bézier dengan Algoritma Titik Tengah berbasis *Divide and Conquer*

**Batas pengumpulan : ** Hari Selasa, 19 Maret 2024 pukul 12.59 WIB (sebelum kelas kuliah)
Arsip pengumpulan :

- *Source* program yang dapat dijalankan disertai README
- Laporan (*soft copy*)

Deskripsi Tugas



Gambar 1. Kurva Bézier Kubik
(Sumber: https://id.wikipedia.org/wiki/Kurva_B%C3%A9zier)

Kurva Bézier adalah kurva halus yang sering digunakan dalam desain grafis, animasi, dan manufaktur. Kurva ini dibuat dengan menghubungkan beberapa titik kontrol, yang menentukan bentuk dan arah kurva. Cara membuatnya cukup mudah, yaitu dengan menentukan titik-titik kontrol dan menghubungkannya dengan kurva. Kurva Bézier memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan nyata, seperti *pen tool*, animasi yang halus dan realistis, membuat desain produk yang kompleks dan presisi, dan membuat font yang indah dan unik. Keuntungan menggunakan kurva Bézier adalah kurva ini mudah diubah dan dimanipulasi, sehingga dapat menghasilkan desain yang presisi dan sesuai dengan kebutuhan.

Sebuah kurva Bézier didefinisikan oleh satu set titik kontrol P_0 sampai P_n, dengan n disebut order (n = 1 untuk linier, n = 2 untuk kuadrat, dan seterusnya). Titik kontrol pertama dan terakhir selalu menjadi ujung dari kurva, tetapi titik kontrol antara (jika ada) umumnya tidak terletak pada kurva. Pada gambar 1 diatas, titik kontrol pertama adalah P_0, sedangkan titik kontrol terakhir adalah P_3. Titik kontrol P_1 dan P_2 disebut sebagai titik kontrol antara yang tidak terletak dalam kurva yang terbentuk.

Mengulas lebih jauh mengenai bagaimana sebuah kurva Bézier bisa terbentuk, misalkan diberikan dua buah titik P_0 dan P_1 yang menjadi titik kontrol, maka kurva Bézier yang terbentuk adalah sebuah garis lurus antara dua titik. Kurva ini disebut dengan **kurva Bézier linier**. Misalkan terdapat sebuah titik Q_0 yang berada pada garis yang dibentuk oleh P_0 dan P_1, maka posisinya dapat dinyatakan dengan persamaan parametrik berikut.

$$Q_0 = B(t) = (1-t)P_0 + tP_1, \qquad t \in [0,1]$$

dengan t dalam fungsi kurva Bézier linier menggambarkan seberapa jauh $B(t)$ dari P_0 ke P_1. Misalnya ketika t = 0.25, maka $B(t)$ adalah seperempat jalan dari titik P_0 ke P_1. sehingga seluruh rentang variasi nilai t dari 0 hingga 1 akan membuat persamaan $B(t)$ membentuk sebuah garis lurus dari P_0 ke P_1.

Misalkan selain dua titik sebelumnya ditambahkan sebuah titik baru, sebut saja P_2, dengan P_0 dan P_2 sebagai titik kontrol awal dan akhir, dan P_1 menjadi titik kontrol antara. Dengan menyatakan titik Q_1 terletak diantara garis yang menghubungkan P_1 dan P_2, dan membentuk kurva Bézier linier yang berbeda dengan kurva letak Q_0 berada, maka dapat dinyatakan sebuah titik baru, R_0 yang berada diantara garis yang menghubungkan Q_0 dan Q_1 yang bergerak membentuk **kurva Bézier kuadratik** terhadap titik P_0 dan P_2. Berikut adalah uraian persamaannya.

$$Q_0 = B(t) = (1-t)P_0 + tP_1, \qquad t \in [0,1]$$

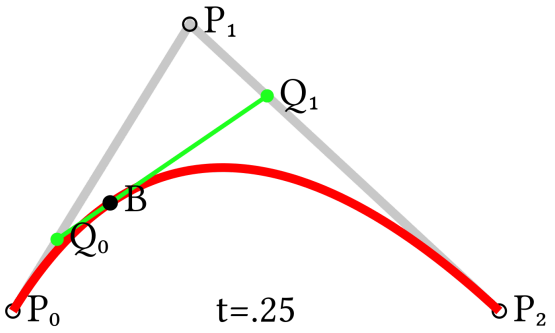
$$Q_1 = B(t) = (1-t)P_1 + tP_2, \qquad t \in [0,1]$$

$$R_0 = B(t) = (1-t)Q_0 + tQ_1, \qquad t \in [0,1]$$

dengan melakukan substitusi nilai Q_0 dan Q_1, maka diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$R_0 = B(t) = (1-t)^2P_0 + (1-t)tP_1 + t^2P_2, \qquad t \in [0,1]$$

Berikut adalah ilustrasi dari kasus diatas.



Gambar 2. Pembentukan Kurva Bézier Kuadratik.
(Sumber: https://simonhalliday.com/2017/02/15/quadratic-bezier-curve-demo/)

Proses ini dapat juga diaplikasikan untuk jumlah titik yang lebih dari tiga, misalnya empat titik akan menghasilkan **kurva Bézier kubik**, lima titik akan menghasilkan **kurva Bézier kuartik**, dan seterusnya. Berikut adalah persamaan kurva Bézier kubik dan kuartik dengan menggunakan prosedur yang sama dengan yang sebelumnya.

$$S_0 = B(t) = (1-t)^3 P_0 + 3(1-t)^2 t P_1 + 3(1-t) t^2 P_2 + t^3 P_3, \qquad t \in [0,1]$$

$$T_0 = B(t) = (1-t)^4 P_0 + 4(1-t)^3 t P_1 + 6(1-t)^2 t^2 P_2 + 4(1-t) t^3 P_3 + t^4 P_4, \qquad t \in [0,1]$$

Tentu saja persamaan yang terbentuk sangat panjang dan akan semakin rumit seiring bertambahnya titik. Oleh sebab itu, dalam rangka melakukan efisiensi pembuatan kurva Bézier yang sangat berguna ini, maka Anda diminta untuk mengimplementasikan **pembuatan kurva Bézier** dengan algoritma titik tengah berbasis ***divide and conquer*.**

Ilustrasi kasus

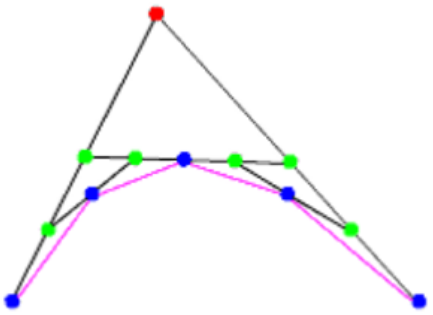
Idenya cukup sederhana, relatif mirip dengan pembahasan sebelumnya, dan dilakukan secara iteratif. Misalkan terdapat tiga buah titik, P_0, P_1, dan P_2, dengan titik P_1 menjadi titik kontrol antara, maka:

a. Buatlah sebuah titik baru Q_0 yang berada di tengah garis yang menghubungkan P_0 dan P_1, serta titik Q_1 yang berada di tengah garis yang menghubunhkan P_1 dan P_2.
b. Hubungkan Q_0 dan Q_1 sehingga terbentuk sebuah garis baru.
c. Buatlah sebuah titik baru R_0 yang berada di tengah Q_0 dan Q_1.
d. Buatlah sebuah garis yang menghubungkan P_0 - R_0 - P_2.

Melalui proses di atas, telah dilakukan 1 buah iterasi dan diperoleh sebuah “kurva” yang belum cukup mulus dengan aproksimasi 3 buah titik. Untuk membuat sebuah kurva yang lebih baik, perlu dilakukan iterasi lanjutan. Berikut adalah prosedurnya.

a. Buatlah beberapa titik baru, yaitu S_0 yang berada di tengah P_0 dan Q_0, S_1 yang berada di tengah Q_0 dan R_0, S_2 yang berada di tengah R_0 dan Q_1, dan S_3 yang berada di tengah Q_1 dan P_2.
b. Hubungkan S_0 dengan S_1 dan S_2 dengan S_3 sehingga terbentuk garis baru.
c. Buatlah dua buah titik baru, yaitu T_0 yang berada di tengah S_0 dan S_1, serta T_1 yang berada di tengah S_2 dan S_3.
d. Buatlah sebuah garis yang menghubungkan P_0 - T_0 - R_0 - T_1 - P_2.

Melalui iterasi kedua akan tampak semakin mendekati sebuah kurva, dengan aproksimasi 5 buah titik. Anda dapat membuat visualisasi atau gambaran secara mandiri terkait hal ini sehingga dapat diamati dan diterka dengan jelas bahwa semakin banyak iterasi yang dilakukan, maka akan membentuk sebuah kurva yang tidak lain adalah kurva Bézier.



Gambar 3. Hasil pembentukan Kurva Bézier Kuadratik dengan *divide and conquer* setelah iterasi ke-2.

Spesifikasi Tugas Kecil 2

- Buatlah program sederhana dalam bahasa C++/Python/JavaScript/Go yang dapat membentuk sebuah **kurva Bézier kuadratik** dengan menggunakan algoritma titik tengah berbasis *divide and conquer*.
- Selain implementasi dalam algoritma *divide and conquer*, program **juga diminta untuk diimplementasikan dalam algoritma *brute force***. Solusi ini ditujukan sebagai pembanding dengan solusi sebelumnya.
- Tugas dapat dikerjakan individu atau berkelompok dengan anggota **maksimal 2 orang** (sangat disarankan). Boleh lintas kelas dan lintas kampus, tetapi **tidak boleh sama** dengan anggota kelompok pada tugas-tugas Strategi Algoritma sebelumnya.
- ***Input* :**
  Format masukan **dibebaskan**, dengan catatan dijelaskan pada README dan laporan. Komponen yang perlu menjadi masukan yaitu.
  1. **Tiga buah pasangan titik**. Sebagai catatan, titik yang paling awal dimasukkan akan menjadi titik awal kurva, begitu juga dengan titik yang paling akhir.
  2. **Jumlah iterasi** yang ingin dilakukan.
- ***Output* :**
  Berikut adalah luaran dari program yang diekspektasikan.
  1. Hasil **kurva Bézier yang terbentuk** pada iterasi terkait. Kakas yang digunakan untuk visualisasi dibebaskan.
  2. **Waktu eksekusi** program pembentukan kurva.
- **Bonus :**
  Pastikan sudah mengerjakan spesifikasi wajib sebelum mengerjakan bonus.
  1. Melakukan generalisasi algoritma, ide, serta melakukan implementasinya sehingga program dapat membentuk kurva Bézier kubik, kuartik, dan selanjutnya dengan 4, 5, 6, hingga *n* titik kontrol.
  2. Memberikan visualisasi proses pembentukan kurva, sehingga tidak hanya hasil akhirnya saja. Tentu saja proses visualisasinya perlu melibatkan *Graphical User Interface* (GUI) yang kakasnya dibebaskan.
- **Laporan :**
  Berkas laporan yang dikumpulkan adalah laporan dalam bentuk PDF yang setidaknya berisi:
  1. Analisis dan implementasi dalam algoritma *brute force* sebagai algoritma pembanding.
  2. Analisis dan implementasi dalam algoritma *divide and conquer* (berisi deskripsi langkah-langkahnya, **bukan notasi pseudocode**). Perlu untuk diperhatikan bahwa prosedur yang disampaikan pada ilustrasi kasus **belum memuat konsep *divide and conquer***. Anda diminta untuk melakukan analisis dan implementasi *divide and conquer* pada solusi tersebut.
  3. *Source code* program implementasi keduanya dalam bahasa pemrograman yang dipilih (pastikan bahwa program telah dapat dijalankan).

4. Tangkapan layar yang memperlihatkan *input* dan *output* (minimal 6 contoh untuk masing-masing algoritma).
5. Hasil analisis perbandingan solusi *brute force* dengan *divide and conquer*. Analisis dilakukan dalam bentuk paragraf dan minimal memuat analisis kompleksitas algoritma.
6. Penjelasan mengenai implementasi bonus jika mengerjakan.
7. Pranala ke *repository* yang berisi kode program.

- **Struktur Kode :**

  Program disimpan dalam repository yang bernama Tucil2_NIM jika mengerjakan secara individu atau Tucil2_NIM1_NIM2 jika dikerjakan berkelompok. Berikut merupakan struktur dari isi repository tersebut:

  1. Folder **src** berisi *source code*.
  2. Folder **bin** berisi *executable* (jika ada).
  3. Folder **test** berisi data uji yang digunakan pada laporan.
  4. Folder **doc** berisi laporan tugas kecil (dalam bentuk PDF).
  5. **README** yang minimal berisi:
     a. Deskripsi singkat program yang dibuat.
     b. *Requirement* program dan instalasi tertentu bila ada.
     c. Cara mengkompilasi program (bila dikompilasi).
     d. Cara menjalankan dan menggunakan program.
     e. Identitas pembuat program.

  Silahkan gunakan template berikut, sebagai referensi untuk implementasi struktur dalam README.

- Laporan dikumpulkan hari **Selasa, 19 Maret 2024** pada alamat Google Form berikut paling lambat pukul **12.59** (sebelum kelas kuliah):
  https://bit.ly/tucil2stima24
- Adapun pertanyaan terkait tugas kecil ini bisa disampaikan melalui QnA berikut: https://bit.ly/qnastima24

Perhatikan:

- **Dilarang keras** *copy paste* program dari internet (AI, repository lain, ataupun teman). Program harus dibuat sendiri, kecurangan akan mengakibatkan nilai tugas menjadi nol.
- Pastikan program **dapat setidaknya dikompilasi** pada *windows* dan *linux*.
- Apabila program **tidak bisa dijalankan** maka tidak akan dinilai oleh asisten.
- Pastikan ***repository* program sudah *public*** saat melewati **deadline**.
- Pastikan penamaan ***repository*** dan **laporan** sesuai dengan **format**.
- Tambahkan *checklist* (centang dengan ✓) berikut pada bagian lampiran laporan Anda.

Poin	Ya	Tidak
1. Program berhasil dijalankan.		
2. Program dapat melakukan visualisasi kurva Bézier.		
3. Solusi yang diberikan program optimal.		
4. **[Bonus]** Program dapat membuat kurva untuk *n* titik kontrol.		
5. **[Bonus]** Program dapat melakukan visualisasi proses pembuatan kurva.		