

MODELISASI *BIDDING BOX BRIDGE* DENGAN MENGUNAKAN KURVA BEZIER DAN INTERPOLASI LINIER (*Bidding Box Bridge Modeling Using Bezier Curves and Linear Interpolations*)

Dewi Anggraeni, Bagus Juliyanto*)

Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Jember,
Jl. Kalimantan 37, Jember, Indonesia

E-mail: dewianggraeni069@gmail.com, *)bagus.fmipa@unej.ac.id

*)penulis korespondensi

Abstract. Bidding Box is used as a place for bridge bid cards with various models. The Bidding Box is made using a technique resulting from the Bezier curves and linear interpolations. This study aims to produce a procedure for how to design various relics in the Bidding Box. This research method is divided into several stages. First, build some basic objects as constituent components of the Bidding Box from beam and rectangular. Next, the procedure for assembling the components of the Bidding Box from the first procedure is on one modeling axis.

Keywords : Bidding box, deformation, Bezier curve, linear interpolation

MSC2020 : 51A05

Received: 31-01-2021, accepted: 11-09-2021

1. Pendahuluan

Modelisasi benda-benda industri, perabot rumah tangga, komponen-komponen mesin, dan peralatan dalam permainan olahraga dapat diperoleh dari persamaan matematika. Sebagai contoh, desain bentuk badan mobil dan peralatan elektronik dengan permukaan yang kompleks [1–2]. Mengembangkan permukaan dalam bentuk lembaran plat-logam atau kayu lapis sangat penting dilakukan untuk memodelkan industri lambung kapal, pesawat terbang, dan kereta api [3–6]. Perancangan benda dapat dilakukan dengan memanfaatkan persamaan parametrik maupun fungsi real yang disajikan dengan bentuk eksplisit atau implisit [7–8]. Dari sebuah kurva dapat dirumuskan banyak bentuk pipa [9–12].

Bidding box bridge merupakan salah satu contoh dari peralatan permainan olahraga *Bridge* yang dapat dibangun dari formula parametrik. *Bidding box bridge* digunakan sebagai tempat kartu penawaran dalam permainan *bridge*. Bentuk dasar dari *bidding box bridge* berbentuk balok berbahan plastik. *Bidding box bridge* pada umumnya memiliki dua bagian yaitu bagian dalam dan luar. Bagian dalam memiliki ukuran panjang 13 cm, lebar 8,5 cm dan tinggi 3 cm sedangkan bagian luar memiliki ukuran panjang 13,5 cm, lebar 9 cm dan tinggi 3,5 cm. Bagian dalam *bidding box bridge* berfungsi sebagai tempat meletakkan kartu penawaran dan memiliki dua slot holding, masing-masing berisi satu set kartu penawaran sedangkan bagian luarnya berfungsi sebagai tempat menyimpan

kartu penawaran pada saat selesai menggunakan kartu penawaran tersebut. Model *bidding box bridge* saat ini masih sederhana yaitu hanya terbentuk dari satu benda geometri ruang pada bagian dalam dan luar, sehingga bentuknya kurang bervariasi.

Untuk dapat menghasilkan bentuk benda yang bervariasi dapat digunakan teknik deformasi. Menurut Kuang [13], deformasi adalah merubah bentuk dan ukuran suatu benda. Deformasi dibagi menjadi deformasi sebagian dan deformasi total. Salah satu teknik deformasi adalah memutar kurva dan interpolasi. Kurva yang digunakan dalam penelitian ini adalah kurva Bezier. Menurut Haryono [14], kurva Bezier berderajat n dibentuk dari $n + 1$ titik kontrol. Kurva Bezier dalam menentukan kurva batas dan merancang permukaan dengan interpolasi linier telah banyak diterapkan dalam modelisasi lampu duduk [15], kap lampu meja [16], piala [17], botol minuman [18], *handle* pintu [19], relief benda-benda industri kerajinan Onyx [20], dan desain keramik [21]. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini akan dimodelisasi bentuk bagian luar dan dalam *bidding box bridge* menggunakan teknik interpolasi linier dari kurva Bezier kuadratik dan kubik sehingga dihasilkan model *bidding box bridge* yang bervariasi.

2. METODOLOGI

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil kajian tinjauan pustaka, berikut akan diuraikan langkah-langkah penelitian untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

- a. Menentukan benda dasar dan memodelkan benda dasar *bidding box* dari deformasi balok dan persegi panjang.
- b. Penggabungan beberapa benda dasar komponen *bidding box* pada satu sumbu pemodelan.
- c. Menyusunan program untuk modelisasi *bidding box bridge* dengan menggunakan *software maple 18*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Modelisasi Bagian Luar *Bidding Box*

Modelisasi komponen sebagian luar *bidding box* menggunakan deformasi balok. Prosedur membuat relief *bidding box* diuraikan sebagai berikut.

- a. Relief samping
 - (1) menentukan faktor skala α dan β pada bidang T_i ,
 - (2) mendilatasi bidang T_i dengan faktor skala k sehingga diperoleh T_i' ,
 - (3) membagi segmen garis $\overline{T_1T_4}$ menjadi 3 bagian sehingga menghasilkan segmen garis $\overline{T_1T_9}$, $\overline{T_9T_{10}}$, $\overline{T_{10}T_4}$, dengan titik T_9 kolinier dengan T_5 dan T_6 , T_{10}

- kolinier dengan T_7 dan T_8 ,
- (4) menentukan 3 titik kontrol yaitu T_5, T_8 dan T_{11} pada segmen $\overline{T_9T_{10}}$ dan bangun kurva Bezier $n = 4$ pada segmen garis $\overline{T_9T_{10}}$,
 - (5) membagi segmen garis $\overline{T_1T_2}$ dan $\overline{T_3T_4}$ dengan $K = \frac{(L_2-L_1)}{N}$ dengan K adalah panjang segmen $L_1 = 0$ cm, $L_2 = 13$ cm dan N merupakan banyaknya segmen yang diinginkan sehingga membagi menjadi sama panjang. Misalkan garis $\overline{T_1T_2}$ dibagi menjadi $N = 4$. Pada segmen garis $\overline{T_1A_1}$ menetapkan T_1 sebagai titik awal dan A_1 sebagai titik akhir, berlaku hal yang sama pada hasil segmen garis hasil bagi segmen garis $\overline{T_1T_2}$ dan $\overline{T_3T_4}$,
 - (6) menetapkan titik kontrol diluar segmen garis hasil bagi $\overline{T_1T_2}$ dan $\overline{T_3T_4}$ dan membangun kurva Bezier,
 - (7) membangun kurva Bezier kuadrat pada masing-masing hasil bagi segmen garis $\overline{T_1T_2}$ dan $\overline{T_3T_4}$,
 - (8) menggunakan kurva Bezier kubik dan kuadrat
 - i) untuk N genap menggunakan kurva Bezier kubik
 - a) menentukan titik kontrol P_0, P_1, P_2, P_3 untuk i genap,
 - b) menentukan titik kontrol P_0, P_1, P_2, P_3 untuk i ganjil,
 - c) membangun kurva Bezier kubik pada segmen garis $\overline{T_1T_2}$ dengan titik kontrol P_0, P_1, P_2, P_3 ,
 - ii) untuk N ganjil menggunakan kurva Bezier kuadrat dan kubik
 - a) menentukan titik kontrol P_0, P_1, P_2, P_3 untuk i genap,
 - b) menentukan titik kontrol P_0, P_1, P_2, P_3 untuk i ganjil,
 - c) menentukan titik kontrol P_0, P_1, P_2, P_3 untuk Untuk $i = \frac{N}{2}$,
 - d) menentukan titik kontrol P_0, P_1, P_2, P_3 untuk $i = \frac{(N+3)}{2}$ sampai N segmen,
 - e) membangun kurva Bezier pada segmen garis $\overline{T_1T_2}$ dengan titik kontrol P_0, P_1, P_2 untuk kurva Bezier kuadrat dan kurva Bezier kubik,
 - (9) menginterpolasikan masing-masing kurva batas sehingga didapatkan hasil interpolasi seperti (Gambar 1),
 - (10) mengulangi langkah (6) sampai (8) pada bidang T_i' dengan mengubah titik koordinat.



Gambar 1. Interpolasi relief bagian samping bidding box bridge sisi atas

b. Relief Depan dan Belakang *Bidding Box Bridge*

Membuat realif bagian depan dan belakang *bidding box bridge* dengan menggunakan hasil langkah pada relief samping. Langkah-langkah deformasi yang digunakan sebagai berikut:

- (1) mentranslasikan T_9, T_{10}, T_{11} dan T_{12} sejauh k cm searah sumbu-z. Misalkan titik $T_9 = (0; 0; z_1)$,
- (2) menetapkan titik kontrol pada hasil bagi segmen garis $\overline{T_2T_3}$ dan $\overline{T_4T_1}$,
- (3) membangun kurva Bezier kuadratik pada segmen garis $\overline{T_{11}T_{12}}$ dan membangun kurva Bezier $n = 6$ pada segmen garis $\overline{T_2T_{11}}, \overline{T_{12}T_3}, \overline{T_1T_9}, \overline{T_{10}T_4}$ dengan menggunakan titik kontrol $P_0, P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$,
- (4) menginterpolasikan masing-masing kurva batas sehingga dihasilkan bidang interpolasi pada Gambar 2,
- (5) melakukan hal yang sama pada T' dengan mengubah titik koordinat dan titik kontrol sehingga dihasilkan deformasi seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Modelisasi relief atas *bidding box bridge*



Gambar 3. Modelisasi relief bawah *bidding box bridge*

3.2 Komponen Bagian Dalam Bidding Box Bridge

- (1) Diberikan sebuah balok dengan koordinat pasangan titik-titik ujung rusuk $[T_i(x_i, y_i, z_i), T'(x'_i, y'_i, z'_i)]$ dengan $i = 1, 2, 3, 4$, dengan panjang $3 \leq p \leq 5$, lebar $8 \leq l \leq 9$ dan tinggi $3 \leq t \leq 4$,

- (2) Diberikan sebuah persegi panjang dengan titik koordinat $T_i(x_i, y_i, z_i)$ dengan $i = 1, 2, 3, 4$, dengan panjang $3 \leq p \leq 5$ dan lebar $1 \leq l \leq 3$,
- (3) Diberikan sebuah persegi panjang dengan titik koordinat $T_i(x_i, y_i, z_i)$ dengan $i = 1, 2, 3, 4$, dengan panjang $8 \leq p \leq 10$ dan lebar $8 \leq l \leq 9$ yang dideformasi dengan metode translasi dan kurva Bezier.

Langkah – langkah deformasi persegi yang digunakan sebagai berikut:

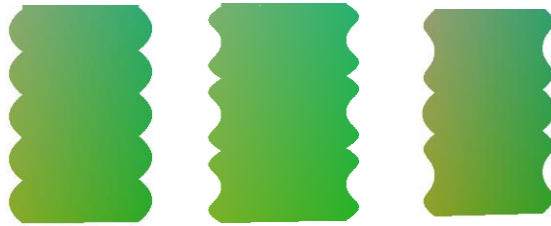
- i) menentukan titik T_{11} pada segmen $\overline{T_1T_4}$ dan titik T_{12} pada segmen garis $\overline{T_2T_3}$ dengan perbandingan 1: 8 (lihat Gambar 4.10(a)),
- ii) mentranslasikan $\overline{T_{11}T_4}$ dan $\overline{T_{12}T_3}$ sejauh k cm searah sumbu-y. Misalkan titik $T_{11} = (0; 0; z_1)$ dan $T_4 = (0; 0; z_2)$ pada sumbu-z ditranslasikan sejauh $k = \frac{1}{2}$ cm searah sumbu-y,
- iii) membangun segmen garis $\overline{T_1'T_4'}$ dan $\overline{T_2'T_3'}$.

3.3 Modelisasi Bagian Dalam Bidding Box Bridge

Menggunakan hasil translasi persegi panjang dapat dilakukan deformasi pada segmen garis $\overline{T_1'T_4'}$, $\overline{T_4'T_3'}$ dan $\overline{T_3'T_2'}$. Langkah-langkah deformasi pada segmen garis $\overline{T_1'T_4'}$, $\overline{T_4'T_3'}$ dan $\overline{T_3'T_2'}$ sebagai berikut.

- a. Deformasi sisi samping menggunakan kurva Bezier kuadrat.
 - 1) Membagi segmen garis $\overline{T_1'T_4'}$ dan $\overline{T_3'T_2'}$ dengan $K = \frac{(L_2-L_1)}{N}$ dengan K adalah panjang setiap segmen hasil bagi N , $L_1 = 5$ cm, $L_2 = 13$ cm dan N merupakan banyaknya segmen yang diinginkan sehingga membagi menjadi sama panjang, misalkan segmen garis $\overline{T_1'A_1}$, $\overline{A_1A_2}$. . . $\overline{A_lT_4''}$. Pada segmen garis $\overline{T_1'A_1}$ tetapkan T_1' sebagai titik awal dan A_1 sebagai titik akhir, berlaku hal yang sama pada segmen garis $\overline{A_lA_{l+1}}$, $\overline{A_{l+1}T_2}$. Misalkan $N = 5$ maka $K = \frac{(13-5)}{5} = \frac{9}{5}$ cm.
 - 2) Menetapkan titik kontrol pada setiap segmen hasil bagi $\overline{T_1'A_1}$, $\overline{A_1A_2}$. . . $\overline{A_lT_4'}$.
 - 3) Membangun kurva Bezier kuadrat pada segmen garis $\overline{T_1'T_4'}$ dengan titik kontrol P_0, P_1, P_2 .
- b. Deformasi menggunakan kurva Bezier kuadrat dan kubik.
 - 1) Membagi segmen garis $\overline{T_1'T_4'}$ dan $\overline{T_3'T_2'}$ dengan $K = \frac{(L_2-L_1)}{N}$ dengan K adalah panjang setiap segmen hasil bagi N , $L_1 = 5$ cm, $L_2 = 13$ cm dan N merupakan banyaknya segmen yang diinginkan sehingga membagi menjadi sama panjang, misalkan segmen garis $\overline{T_1'A_1}$, $\overline{A_1A_2}$, . . . , $\overline{A_lT_4''}$. Pada segmen garis $\overline{T_1'A_1}$ ditetapkan T_1' sebagai titik awal dan A_1 sebagai titik akhir, berlaku hal yang sama pada segmen garis $\overline{A_lA_{l+1}}$, $\overline{A_{l+1}T_2}$. Misalkan $N = 5$ maka $K = \frac{(13-5)}{5} = \frac{9}{5}$ cm.

- 2) Menentukan titik kontrol pada setiap segmen hasil bagi $\overline{T_1'T_4'}$ dan $\overline{T_3'T_2'}$.
- 3) Membangun kurva Bezier pada segmen garis $\overline{T_1'T_4'}$ dan $\overline{T_3'T_2'}$ dengan titik kontrol P_0, P_1, P_2 untuk kurva Bezier kuadratik dan P_0, P_1, P_2, P_3 untuk kurva Bezier kubik.
- 4) Menginterpolasikan masing-masing kurva batas sehingga membentuk bidang interpolasi (Gambar 4).



Gambar 4. Interpolasi relief samping bagian dalam *bidding box bridge*

c. Deformasi sisi atas.

- 1) Membagi segmen garis $\overline{T_3'T_4'}$ menjadi tiga bagian sehingga terbentuk segmen garis $\overline{T_3'T_5}, \overline{T_5T_6}, \overline{T_6T_4'}$, dengan perbandingan $\overline{T_3'T_5} : \overline{T_5T_6} : \overline{T_6T_4'} = 1:2:1$.
- 2) Mentranslasikan $\overline{T_5T_6}$ sejauh k cm searah sumbu-z. Misalkan titik $T_5 = (0; 0; z_1)$ dan $T_6 = (0; 0; z_2)$ ditranslasikan sejauh $k = \frac{1}{2}$ cm searah sumbu-y.
- 3) Menetapkan titik kontrol pada hasil bagi segmen garis $\overline{T_2''T_3''}$.
- 4) Membangun kurva Bezier kuadratik pada segmen $\overline{T_5T_6}$.
- 5) Menginterpolasikan masing-masing kurva batas sehingga membentuk bidang interpolasi (Gambar 5).

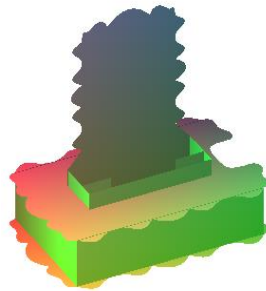


Gambar 5. Interpolasi relief atas bagian dalam *bidding box bridge*

3.4 Merangkai Komponn Penyusun Bidding Box Bridge pada Sumbu Pemodelan

Uraian detail dari penyelesaian permasalahan perangkaian komponen benda dasar *bidding box bridge* pada satu sumbu pemodelan dijelaskan sebagai berikut. Misalkan diberikan sumbu vertikal $\overline{QQ'}$ dengan koordinat titik ujung $A(0, 0, 0)$ dan $A'(0, 0, t)$ dengan $t = 14$ cm. Nilai ini diambil agar mendapatkan hasil yang ideal. Pada sumbu $\overline{QQ'}$ isi bagian $\overline{QS_1}, \overline{QS_2}, \overline{QS_2}, \overline{QS_2}$ dengan benda-benda dasar komponen *bidding box bridge* yang telah dihasilkan dengan langkah-langkah perangkaian sebagai berikut.

- a. Pada bagian $\overline{QS_1}$, dibangun bagian luar *bidding box bridge* dengan deformasi balok dengan pusat $P(0,0,0)$ dan $t = 3$ cm.
- b. Pada bagian $\overline{QS_2}$, dibangun bagian dalam bawah *bidding box bridge* dengan balok terbuka pada salah satu bagian balok dengan pusat $P(0,0,0)$ dan $t = 4$ cm.
- c. Pada bagian $\overline{QS_3}$, dibangun skat bagian dalam *bidding box bridge* dengan persegi panjang pada dua bagian samping dengan pusat $P(0,0,0)$ dan $t = 4$ cm.
- d. Pada bagian $\overline{QS_4}$, dibangun bagian dalam atas *bidding box bridge* dengan deformasi persegi panjang dengan pusat $P(0,0,0)$ dan $t = 9$ cm.
- e. Menggabungkan keempat bagian *bidding box bridge* pada satu sumbu pemodelan (Gambar 6).



Gambar 6. Hasil penggabungan komponen *bidding box bridge* pada sumbu pemodelan

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

- a. Desain bagian dalam dan luar *bidding box bridge* dapat dilakukan dari balok. Sisi-sisi dari balok dideformasi menjadi kurva Bezier berderajat dua dan tiga, kemudian menginterpolasikan masing-masing kurva batas dan mentranslasi persegi panjang pada salah satu sisi balok.
- b. Perangkaian komponen penyusun *bidding box bridge* menggunakan satu sumbu pemodelan dengan prosedur membagi sumbu menjadi tiga bagian (sumbu bagian dalam, luar dan relief). Kemudian, mengisi setiap bagian dengan komponen penyusun *bidding box bridge* sehingga dihasilkan delapan belas *bidding box bridge* yang bervariasi.

Daftar Pustaka

- [1] Mortenson, M.E., (1996), *Geometry Modeling*, New York: John Wiley and Sons Inc.
- [2] Yamaguchi, Y., (1998), *Curves and Surfaces in Computer Aided Geometric Design*, Berlin: Springer-Verlag.

- [3] Fernández-Jambrina, L. and Pérez-Arribas, F., (2020), Developable surface patches bounded by NURBS curves, *J. Comp. Math.* **38**, 715-731. <https://doi.org/10.4208/jcm.1904-m2018-0209>
- [4] Kusno, (2020), Modeling of developable surfaces using Hermite spline interpolation curves, *Advances in Mathematics: Scientific Journal* **9(10)**, 8431-8442. <https://doi.org/10.37418/amsj.9.10.72>
- [5] Kusno, (2020), Fitting a curve, cutting surface, and adjusting the shapes of developable Hermite patches, *Mathematics and Statistics* **8(6)**, 740-746. <https://doi.org/10.13189/ms.2020.080615>
- [6] Kusno, (2021), On the modeling of developable Hermite patches, *Journal of Mathematical and Computational Science* **11(2)**, 1145-1165. <https://doi.org/10.28919/jmcs/5293>
- [7] Salomon, D. 2006. *Curves and Surfaces for Computer Graphics*, New York: Springer Science+Business Media, Inc.
- [8] Gomes, A.J.P., Jorge, I.V.J., Wyvill, B., and Galbraith, C., (2009), *Implicit Curves and Surfaces: Mathematics, Data Structures and Algorithms*, London: Springer-Verlag.
- [9] Malaček, K. and Šibrava, Z., (2006), Blending circular pipes with a cyclic surface, *Journal for Geometry and Graphics* **10(1)**, 99-107. <https://www.heldermann.de/JGG/JGG10/JGG101/jgg10007.htm>
- [10] Kusno, Prihandoko, A.C., (2018), Continuous connection of two adjacent pipe parts defined by line, Bézier and Hermit center curves, *Journal of Physics Conference Series* **1008(1)**, 1-7. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1008/1/012005>
- [11] Kusno, (2021), Modeling pipes using pipe's center curves of quadratic and cubic spline interpolation, *AIP Conference Proceedings* **2329**, 040002. <https://doi.org/10.1063/5.0042248>
- [12] Kusno, (2019), On the modeling of cross-section and longitudinal section of pipes, *Journal of Physics Conference Series* **1321(2)**, 1-8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/2/022068>
- [13] Kuang, S., (1996), *Geodic Network Analysis and Optimal Design*, New York: Concept and Applications.
- [14] Haryono, A., (2014), Studi pembentukan huruf *font* dengan kurva Bezier, *Jurnal TEKNIKA* **3(1)**, 69-78. <https://doi.org/10.34148/teknika.v3i1.22>
- [15] Rodifa, Y.A., (2017), Modelisasi Lampu Duduk Dengan Penggabungan Hasil Deformasi Benda Geometri Ruang, *Skripsi*, Jember: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.

- [16] Mumtazah, F., (2018), Modelisasi Lampu Meja Menggunakan Kurva Bezier dan Teknik Deformasi Benda Geometri Ruang, *Skripsi*, Jember: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.
- [17] Putri, N.H., Kusno, dan Bagus, J., (2018), Modelisasi piala dengan penggabungan hasil deformasi benda geometri ruang, *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika* **18(1)**, 23-32. <https://doi.org/10.19184/mims.v18i1.25004>
- [18] Triadi, M.B.F., Bagus, J., dan Firdaus, U., (2020), Aplikasi kurva Bezier pada desain botol minuman, *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika* **20(1)**, 1-8. <https://doi.org/10.19184/mims.v20i1.17217>
- [19] Wahana, N.P., Bagus, J., dan Firdaus, U., (2020), Modelisasi *handle* pintu dengan penggabungan kurva Bezier dan hasil deformasi tabung, *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika* **20(2)**, 65-76. <https://doi.org/10.19184/mims.v20i2.19141>
- [20] Kusno, (2014), Pengembangan seni dan teknik desain relief benda-benda industri kerajinan onyx dengan bantuan kurva Hermit, Bezier, dan natural, *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, Denpasar: 6 November 2014, 85-98.
- [21] Maharani, N., (2016), Aplikasi Kurva Bezier Berderajat Lima Hasil dari Modifikasi Kurva Kuartik pada Desain Keramik, *Skripsi*, Malang: UIN MALIKI.