

Desain Komponen Rak Penataan Barang dengan Kurva dan Permukaan Parametrik

Rack Storage Component Design by Parametric Curves and Surfaces

Puji Astuti dan Kusno*)

Jurusan Matematika, FMIPA Universitas Jember

*Email: kusno.fmipa@unej.ac.id

ABSTRACT

The purpose of study is to obtain procedures of designing several models of rack support and pole component, so that the shape are varies, symmetrical, graded, and balance. The results show that the procedure of designing rack support component can be done by taking some data of a space frame construction of the cube, triangular prism, or cone, then we set a few points on the frame to build piece of parametric curve. Finally we interpolate the curves to find a rack support surfaces. As for the rack pole component, the procedures are: we extract data of straight line segments, oblique or helical shape, then we enumerate the lines into several sub-segments, and then breaks it down to build the trending, chain, and graded curve to get a balance rack pole .

Keywords: rack component, support, pole, natural, hermit, quadratic Bezier curve.

PENDAHULUAN

Kegunaan rak diantaranya adalah untuk menempatkan barang. Di dalam rak, barang dapat disusun dan ditata dengan praktis dan efisien, sehingga dapat dilihat dari berbagai arah. Yang dimaksud barang disini adalah: barang rumah tangga (berupa barang pakai, pecah belah, pot bunga), barang kantor, barang toko ataupun etalase. Bentuk rak umumnya menggunakan objek-objek geometri bidang sederhana (segiempat, lingkaran, dan elips). Struktur komponen yang digunakan (bagian penyangga dan bagian tiang rak) masih bersifat tunggal dan datar. Arah penataan penyusun rak terdiri atas arah horizontal saja, sehingga bidang permukaan terlihat sama dan membosankan.

Tika (2011) melakukan pemodelan rak *built in* dengan enam ide rak kompak. Jenis rak *built in* cukup fleksibel dan multi fungsi. Kendalanya bentuk dan ukuran rak *built in* harus terlebih dahulu disesuaikan dengan posisi ruangan. Jenis rak yang lain, yaitu: rak bunga. Wiwit (2012) mengenalkan prosedur konstruksi rak pot bunga menggunakan kurva dan operasi geometri. Kelemahannya hasil modelisasi rak hanya arah tegak (vertikal), kurang bervariasi sudut pandang dan bidang permukaannya masih terbatas. Dari beberapa keterbatasan ini, maka selanjutnya perlu dikembangkan model rak dengan penataan berbentuk miring ataupun

melingkar. Permasalahannya adalah, pertama, bagaimana mengkonstruksi komponen rak bagian penyangga (kaki) rak berbentuk lengkung dan tidak tunggal. Kedua, bagaimana mengkonstruksi bagian utama (tiang) rak sehingga bentuknya dapat tegak, miring, memutar, simetris, dan setimbang.

METODE

Metode penelitian untuk desain komponen rak penataan barang secara garis besar dilakukan dalam dua tahap. Pertama, mengkonstruksi bagian penyangga (kaki) rak berbentuk lengkung dan tidak tunggal. Kedua, mengkonstruksi bagian utama (tiang) rak, sehingga bentuknya tegak, miring, memutar, simetris, dan setimbang. Masing-masing dengan menggunakan bantuan kurva dan permukaan natural, Hermit, ataupun kuadratik Bezier. Selanjutnya disajikan hasil validasi visual bentuk desain rak penataan barang dengan menggunakan software komputer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Komponen Penyangga/Kaki Rak A. Berbasis Kerangka Kubus

Ditetapkan data kerangka kubus $ABCD.EFGH$ dengan panjang rusuk $25\text{ cm} \leq a \leq 50\text{ cm}$, $AB//OY$ dan $BC//OX$ Pusat bidang alas bawah $O(0,0,0)$ dan pusat alas atas $P(0,0,a)$.

a. Model Kaki Rak Sejajar

Berdasar dari data kerangka kubus tersebut dapat didesain kaki rak model sejajar berikut.

- Menetapkan beberapa titik pada pasangan rusuk-rusuk sejajar kubus diantaranya: Kasus 6 titik A, B, C, P_1 dan P_3 , kasus 8 titik $A, B, C, D, P_1, P_2, P_3$, dan P_4 , kasus 12 titik $I, J, K, L, M, N, Q, R, P_1, P_2, P_3$, dan P_4 , atau kasus 9 titik kontrol kelengkungan kurva Bezier kuadratik. Dipilih koordinat:

$$\begin{aligned}
 &P_1(\frac{1}{2}(x_E + x_F) + \frac{1}{2}(y_E + y_F) + \frac{1}{2}(z_E + z_F)) , \\
 &P_2(\frac{1}{2}(x_F + x_G) + \frac{1}{2}(y_F + y_G) + \frac{1}{2}(z_F + z_G)) , \\
 &P_3(\frac{1}{2}(x_G + x_H) + \frac{1}{2}(y_G + y_H) + \frac{1}{2}(z_G + z_H)) , \\
 &P_4(\frac{1}{2}(x_E + x_H) + \frac{1}{2}(y_E + y_H) + \frac{1}{2}(z_E + z_H)) , \\
 &O_1(\frac{1}{2}(x_A + x_B) + \frac{1}{2}(y_A + y_B) + \frac{1}{2}(z_A + z_B)) , \\
 &O_2(\frac{1}{2}(x_A + x_C) + \frac{1}{2}(y_B + y_C) + \frac{1}{2}(z_B + z_C)) , \\
 &O_3(\frac{1}{2}(x_C + x_D) + \frac{1}{2}(y_C + y_D) + \frac{1}{2}(z_C + z_D)) , \\
 &O_4(\frac{1}{2}(x_A + x_D) + \frac{1}{2}(y_A + y_D) + \frac{1}{2}(z_A + z_D)) ,
 \end{aligned}$$

dengan tempat kedudukan:

$$\begin{aligned}
 \vec{OI} &= \vec{OO}_1 + (1-\lambda)\vec{OA} , \\
 \vec{OJ} &= \vec{OO}_1 + (1-\lambda)\vec{OB} , \\
 \vec{OK} &= \vec{OO}_2 + (1-\lambda)\vec{OB} , \\
 \vec{OL} &= \vec{OO}_2 + (1-\lambda)\vec{OC} , \\
 \vec{OM} &= \vec{OO}_3 + (1-\lambda)\vec{OC} , \\
 \vec{ON} &= \vec{OO}_3 + (1-\lambda)\vec{OD} , \\
 \vec{OQ} &= \vec{OO}_4 + (1-\lambda)\vec{OA} , \\
 \vec{OR} &= \vec{OO}_4 + (1-\lambda)\vec{OD}
 \end{aligned}$$

dengan $\lambda \in [0, \frac{1}{2}]$.

- Dengan formula:

$$E_{xoy}(t) = \langle r_1 \cos t, r_2 \sin t, 0 \rangle,$$

$$E_{xoz}(t) = \langle r_1 \cos t, 0, r_2 \sin t \rangle,$$

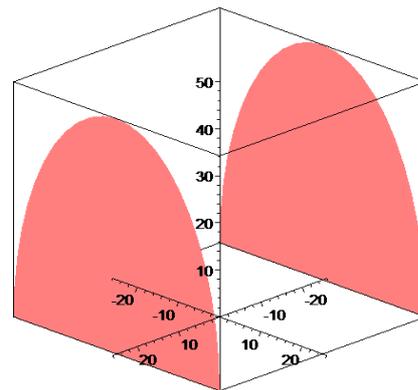
$$E_{yoz}(t) = \langle 0, r_1 \cos t, r_2 \sin t \rangle$$

untuk $a \leq r \leq b$; $c \leq r_1$, $r_2 \leq d$,

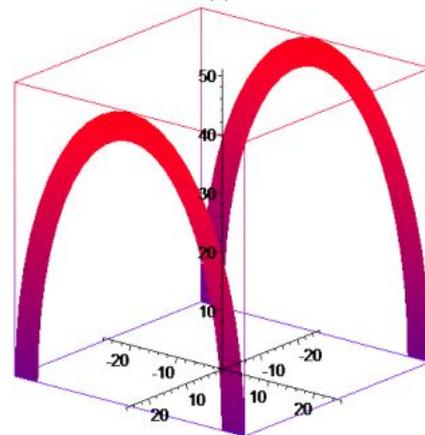
$r_1 \neq r_2$ dan $0 \leq t \leq 2\pi$ menarik kurva dari titik hasil perlakuan (1) antara lain sebagai berikut.

- Dengan pusat O_1 dan O_3 ditarik busur $\widehat{AP_1B}$ dan $\widehat{CP_3D}$ dari data 6 titik, maka diperoleh bentuk setengah elips dengan sumbu mayor a satuan dan sumbu minor $\frac{1}{2}a$ satuan yang kongruen.

- Data 8 titik dapat ditarik busur $\widehat{AP_1B}, \widehat{BP_2C}, \widehat{CP_3D}$, dan $\widehat{AP_4D}$ diperoleh bentuk setengah elips yang kongruen dengan pusat O_1, O_2, O_3 , dan O_4 .
- Data 9 titik kontrol kelengkungan kurva Bezier kuadratik $Q = (x_0, y_0, z)$ bangun kurva Bezier kuadratik untuk tiap pasangan titik kontrol (A_i, P, B_i) .
- Data 12 titik, membangun elips berpusat di O_1, O_2, O_3 , dan O_4 diperoleh busur $\widehat{IP_1J}, \widehat{KP_2L}, \widehat{MP_3N}$, dan $\widehat{QP_4R}$, memberikan bentuk potongan setengah elips dengan sumbu mayor a satuan dan sumbu minor $(1-\lambda)a$ satuan dengan $0 \leq \lambda \leq 1$.



(a)



(b)

Gambar 1 Contoh model kaki rak sejajar

3. Membangun permukaan lengkung hasil interpolasi kurva ruang melalui persamaan berikut:

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

dengan $0 \leq u \leq 1$ dan
 $0 \leq v \leq 1, C_1(u) \text{ dan } C_2(u)$,

merupakan kurva batas.

Pada Gambar 1 di atas disajikan beberapa hasil visual untuk validasi model kaki rak sejajar tersebut.

b. Model Kaki Rak Berpotongan

Tahapan desain kaki rak model berpotongan dilakukan menurut urutan berikut ini.

1. Menentukan titik potong pusat simetris kaki rak:
 - Kasus 5 titik A, B, C, D dan satu titik pusat sisi atas $P(0,0,a)$.
 - Kasus 6 titik A, B, C, D, P dan Q terletak pada segmen garis OP (sumbu Z) dengan koordinat titik $Q(0,0, z_{\widehat{OQ}+(1-\lambda)\widehat{OP}})$ untuk $\frac{1}{4}a \leq \lambda \leq \frac{1}{2}a$.
 - Kasus 9 titik, $(A,C), (B,D), (I,K), (J,L)$, dan $P(0,0,a)$. Dua pasang titik (I,K) , dan (J,L) terletak pada diagonal AC dan BD berjarak l dari titik A, B, C, D atau titik A, B, C, D, P , dan titik I, J, K, L terletak pada rusuk tegak AE, BF, CG, DH berjarak l dari titik A, B, C, D dengan $\lambda \in [\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$.
 - Kasus 10 titik, A, B, C, D dan I, J, K, L terletak pada titik tengah rusuk sisi alas AB, BC, CD , dan AD , titik P dan Q terletak pada segmen garis OP (sumbu Z). Koordinat titik $P(0,0,a)$ dan $Q(0,0, z_{\widehat{OQ}+(1-\lambda)\widehat{OP}})$ dengan $\frac{1}{4}a \leq \lambda \leq \frac{1}{2}a$.
 - Menetapkan 8 titik pada rusuk alas, titik I, J, K, L pada titik tengah rusuk sisi alas AB, BC, CD, AD , dan titik M, N, O, P . Pasangan titik (M,O) dan (N,P) terletak pada diagonal EG dan FH berjarak l dari titik E, F, G, H dengan $\lambda \in [\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$.
2. Dengan formula elips dan lingkaran menarik kurva dari titik hasil perlakuan (1) antara lain sebagai berikut.
 - Dengan pusat O ditarik busur \widehat{APC} dan \widehat{BPD} dari data 5 titik, maka dapat diperoleh bentuk setengah elips, dengan sumbu mayor adalah a satuan

dan sumbu minor $\frac{1}{2}a\sqrt{2}$ satuan yang kongruen.

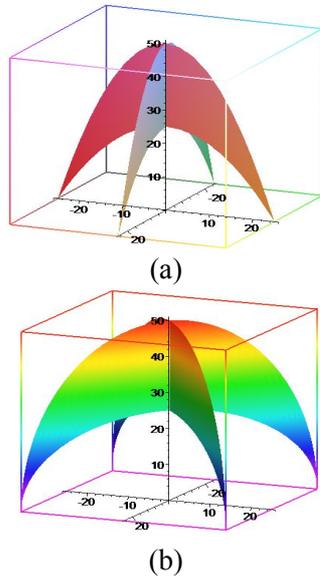
- Data 6 titik, membangun elips berpusat di O tarik busur $\widehat{APC}, \widehat{AQC}, \widehat{BPD}$, dan \widehat{BQD} memberikan bentuk potongan setengah elips yang kongruen dengan sumbu mayor s $\frac{1}{4}a \leq \lambda \leq \frac{1}{2}a$ satuan dan sumbu minor $\frac{1}{2}a\sqrt{2}$.
- Data 9 titik, membangun elips berpusat di $O(0,0,0)$ tarik busur $\widehat{APC}, \widehat{IPK}, \widehat{BPD}$, dan \widehat{JPL} memberikan bentuk potongan setengah elips yang kongruen dengan sumbu mayor a satuan dan sumbu minor $\frac{1}{4}a \leq \lambda \leq \frac{1}{2}a$. Atau dari data 9 titik membangun elips berpusat di titik O tarik busur $\widehat{AP}, \widehat{BP}, \widehat{CP}, \widehat{DP}, \widehat{IP}, \widehat{JP}, \widehat{KP}$, dan \widehat{LP} sehingga memberikan bentuk potongan seperempat elips yang kongruen dengan sumbu mayor $\frac{1}{4}a \leq \lambda \leq \frac{1}{2}a$ satuan dan sumbu minor $\frac{1}{2}a\sqrt{2}$.
- Data 10 titik, membangun elips berpusat di titik asal tarik busur $\widehat{APC}, \widehat{BPD}, \widehat{IQK}$, dan \widehat{JQL} memberikan bentuk potongan setengah elips yang kongruen dengan sumbu mayor a satuan, sumbu minor $\frac{1}{2}a\sqrt{2}$ dan sumbu mayor a satuan, sumbu minor $\frac{1}{4}a \leq \lambda \leq \frac{1}{2}a$.
- Membangun kurva lengkung $\widehat{AP}, \widehat{BP}, \widehat{CP}, \widehat{DP}, \widehat{IP}, \widehat{JP}, \widehat{KP}$, dan \widehat{LP} dari data 10 titik, sehingga memberikan bentuk kurva lengkung yang kongruen dan bersilangan.

3. Membangun permukaan lengkung hasil interpolasi kurva ruang melalui persamaan berikut:

$$S(u, v) = (1-v)C_1(u) + vC_2(u) \text{ dengan } 0 \leq u \leq 1$$

dan $0 \leq v \leq 1, C_1(u) \text{ dan } C_2(u)$, merupakan kurva batas.

Contoh hasil visualisasi model kaki rak berpotongan dan bersilangan diperlihatkan dalam Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Contoh model kaki rak berpotongan dan bersilangan

B. Berbasis kerangka prisma segitiga

Ditetapkan data kerangka prisma $ABC.DEF$ dengan panjang rusuk $25\text{ cm} \leq a \leq 50\text{ cm}$. Titik P pada titik berat sisi alas atas berkoordinat $P(0,0,a)$ dan OX memotong tegak lurus ditengah-tengah AB .

a. Model Kaki Rak tidak Berpotongan

Pada sisi tegak yang saling sejajar ditetapkan 6 titik dan dengan persamaan segmen garis menetapkan pasangan titik AP_1B, BP_2C, AP_3C dengan

$$P_1(\frac{1}{2}(x_D + x_E) + \frac{1}{2}(y_D + y_E) + \frac{1}{2}(z_D + z_E)) ,$$

$$P_2(\frac{1}{2}(x_E + x_F) + \frac{1}{2}(y_E + y_F) + \frac{1}{2}(z_E + z_F)) ,$$

$$P_3(\frac{1}{2}(x_D + x_F) + \frac{1}{2}(y_D + y_F) + \frac{1}{2}(z_D + z_F)) .$$

b. Model Kaki Rak Berpotongan

Tahapan desain kaki rak model berpotongan dilakukan menurut urutan berikut ini.

1. Menentukan titik potong simetris kaki rak antara lain sebagai berikut.

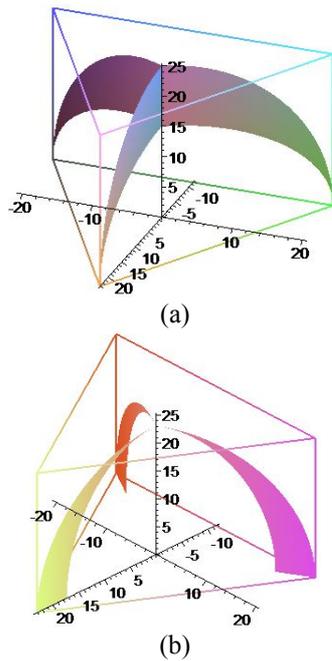
- Kasus 4 titik, menetapkan titik A, B, C dan P .
- Kasus 5 Titik, menetapkan tiga titik A, B, C , dan titik P dan Q terletak pada segmen garis OP (sumbu Z). Koordinat titik dengan $Q(0,0, z_{\widehat{OQ} + (1-\lambda)\widehat{OP}})$
 $\frac{1}{4}a \leq \lambda \leq \frac{1}{2}a$.
- Kasus 7 Titik, menetapkan tiga pasang titik $(A,K), (B,L), (C,M)$, dan P atau 3

pasang titik $(AP,KP), (BP,LP)$, dan (CP,MP) terletak pada rusuk tegak AD, BE , dan CF . Titik K, L , dan M berjarak λ dari titik A, B , dan C . Atau menetapkan titik A, B , dan C, P , dan titik K, L, M terletak pada proyeksi garis berat, berjarak λ dari titik A, B , dan C dengan $\lambda \in [\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]$.

2. Dengan formula elips dan lingkaran, menarik kurva lengkung dari arah yang berlawanan (menyilang) untuk mendapatkan potongan elips dan potongan lingkaran yang simetris, tekniknya sebagai berikut.

- Dengan pusat $O(0,0,0)$ tarik busur AP_1B, BP_2C, AP_3C dari data 6 titik, maka diperoleh bentuk setengah elips, dengan sumbu mayor a satuan dan sumbu minor a satuan yang kongruen.
- Data 4 titik, diperoleh bentuk seperempat elips, dengan sumbu mayor a satuan dan sumbu minor $\frac{1}{2}a\sqrt{3}$ satuan yang kongruen.
- Data 5 titik, membangun elips berpusat di $O(0,0,0)$ tarik busur $\widehat{AP}, \widehat{AQ}, \widehat{BP}, \widehat{BQ}, \widehat{CP}, \widehat{CQ}$ memberikan bentuk potongan seperempat elips yang kongruen dengan sumbu mayor $\frac{1}{6}a\sqrt{3} \leq \lambda \leq \frac{1}{2}a\sqrt{3}$ satuan dan sumbu minor $\frac{1}{2}a\sqrt{3}$ satuan.
- Dari data 7 titik, membangun elips berpusat di $O(0,0,0)$ tarik busur $\widehat{AP}, \widehat{KP}, \widehat{BP}, \widehat{LP}, \widehat{CP}, \widehat{MP}$ memberikan bentuk potongan seperempat elips yang kongruen dengan sumbu mayor $\frac{1}{6}a\sqrt{3} \leq \lambda \leq \frac{1}{2}a\sqrt{3}$ satuan dan sumbu minor $\frac{1}{2}a\sqrt{3}$.

3. Membangun permukaan lengkung hasil interpolasi kurva ruang dari hasil perlakuan (1) dan (2) melalui persamaan $S(u, v) = (1-v)C_1(u) + vC_2(u)$ dengan $0 \leq u \leq 1$ dan $0 \leq v \leq 1, C_1(u)$ dan $C_2(u)$ merupakan kurva batas. Beberapa contoh hasil simulasi dengan cara ini diperlihatkan dalam Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Contoh model kaki rak pada prisma segitiga

C. Berbasis Kerucut Terpancung

Ditetapkan dua kerucut terpancung vertikal berurutan dengan panjang jari-jari bagian alas bawah $15\text{ cm} \leq c \leq 25\text{ cm}$ jari-jari bagian alas tengah dan $15\text{ cm} \leq a \leq 25\text{ cm}$ jari-jari bagian alas atas $15\text{ cm} \leq b \leq 25\text{ cm}$ Pada bidang YOZ ditetapkan koordinat titik $A(0, a, 0), B(0, b, t_1)$ dan $C(0, c, t_2)$; serta $t_2 \leq 0 \leq t_1$.

a. Kasus titik A, B, dan C segaris

Berdasarkan data tersebut dibangun kaki rak menurut perlakuan berikut.

1. Menetapkan titik

$$P_1(\frac{1}{2}(x_A + x_B) + \frac{1}{2}(y_A + y_B) + \frac{1}{2}(z_A + z_B)) \text{ dan}$$

$$P_2(\frac{1}{2}(x_A + x_C) + \frac{1}{2}(y_A + y_C) + \frac{1}{2}(z_A + z_C)) .$$

2. Dengan formula:

$$E_{XOY}(t) = \langle r_1 \cos t, r_2 \sin t, 0 \rangle$$

$$E_{XOZ}(t) = \langle r_1 \cos t, 0, r_2 \sin t \rangle ,$$

$$E_{YOZ}(t) = \langle 0, r_1 \cos t, r_2 \sin t \rangle \text{ untuk}$$

$$a \leq r \leq b, c \leq r_1 ; r_2 \leq d, r_1 \neq r_2 \text{ dan}$$

$$0 \leq t \leq 2\pi \text{ titik puncak } A, B, \text{ dan } C;$$

serta titik pusat P_1 dan P_2 ditarik busur $\widehat{AP_1B}$ dan $\widehat{AP_2C}$, maka dapat diperoleh bentuk potongan-potongan elips dan potongan lingkaran bentuk: cembung-cekung, cekung-cembung, cembung-cembung, cekung-cekung.

3. Rotasi hasil perlakuan (1) dan (2) terhadap sumbu Z melalui persamaan:

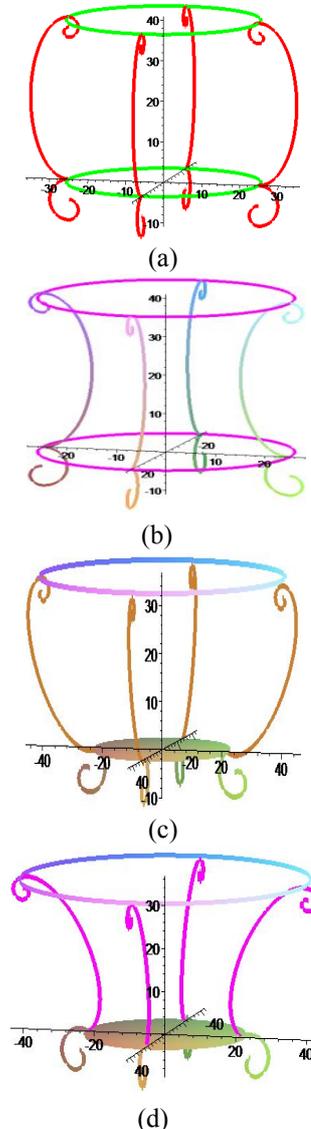
$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \cos \theta - y \sin \theta \\ x \sin \theta + y \cos \theta \\ z \end{pmatrix}$$

diperoleh kurva bentuk cekung dan/atau cembung.

b. Kasus titik A, B, dan C tidak segaris.

Seperti kasus (a), untuk titik $A, B,$ dan C tidak segaris maka diperoleh potongan elips dan potongan lingkaran, sehingga berbentuk cekung-cembung, cembung-cekung, cembung-cembung, dan bentuk cekung-cekung. Kemudian hasil tersebut dirotasi terhadap sumbu Z didapat model kaki rak.

Untuk validasi, pada Gambar 4 berikut disajikan hasil visual dari penerapan langkah-langkah (1) sampai dengan (3).



Gambar 4. Contoh model kaki rak kerucut terpancung

Desain Komponen Utama (Tiang) Rak

A. Berbasis Segmen Garis Posisi Tegak

Ditetapkan data segmen garis vertikal AB dengan ketinggian $50\text{ cm} \leq t \leq 200\text{ cm}$. Selanjutnya dibangun beberapa model tiang rak dalam dua kasus berikut.

a. Kasus Jumlah Sub Segmen Genap

1. Menetapkan segmen garis \overline{AB} dicacah menjadi n bagian dan agar jarak antar pilar ideal dipilih nilai

$$n = 4, n = 6, \text{ atau } n = 8.$$

2. Mengelompokkan sub segmen garis hasil perlakuan (1) ke dalam dua jenis, antara lain berikut ini.

Dari $T_0, T_1, T_2, \dots, T_n$ menjadi:

i) $\begin{pmatrix} T_0 T_2, T_4 T_6, \dots, T_{4n} T_{4n+2} \\ T_2 T_4, T_6 T_8, \dots, T_{4n+2} T_{4n+4} \end{pmatrix}$

ii) $\begin{pmatrix} T_0 T_2, T_4 T_6, \dots, T_{8n} T_{8n+2}, T_{8n+4} T_{8n+6}, T_{8n+10} T_{8n+12}, \dots \\ T_2 T_4, T_6 T_8, \dots, T_{8n+2} T_{8n+4}, T_{8n+6} T_{8n+8}, T_{8n+12} T_{8n+14}, \dots \end{pmatrix}$

iii) $\begin{pmatrix} T_0 T_2, T_3 T_4, T_6 T_7, \dots, T_{8n} T_{8n+2}, T_{8n+3} T_{8n+4}, T_{8n+6} T_{8n+7} \\ T_2 T_3, T_4 T_6, T_7 T_8, \dots, T_{8n+2} T_{8n+6}, T_{8n+4} T_{8n+6}, T_{8n+7} T_{8n} \end{pmatrix}$

Melalui persamaan:

$$a_1 A_1 + a_2 A_2 + \dots + a_i A_i = b_1 B_1 + b_2 B_2 + \dots + b_j B_j$$

dengan A_i dan B_j masing-masing beban di bagian kiri dan kanan segmen AB , diperoleh bentuk setimbang.

3. Membangun deretan kurva data hasil (2) dengan potongan elips, lingkaran, atau segmen garis melalui persamaan

$$E_{XOY}(t) = \langle r_1 \cos t, r_2 \sin t, 0 \rangle$$

$$E_{XOZ}(t) = \langle r_1 \cos t, 0, r_2 \sin t \rangle,$$

$$E_{YOZ}(t) = \langle 0, r_1 \cos t, r_2 \sin t \rangle \text{ untuk}$$

$$a \leq r \leq b, c \leq r_1; \quad r_2 \leq d, r_1 \neq r_2 \text{ dan}$$

$0 \leq t \leq 2\pi$ dengan cara antara lain arah berlawanan dan homogen atau tidak homogen.

4. Dengan persamaan $\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \cos \theta - y \sin \theta \\ x \sin \theta + y \cos \theta \\ z \end{pmatrix}$

rotasi hasil perlakuan (1), (2), dan (3) terhadap sumbu simetri \overline{AB} dengan cara antara lain rotasi $\frac{2}{3}\pi$.

b. Kasus Jumlah Sub Segmen Ganjil

1. Menetapkan segmen garis \overline{AB} dicacah menjadi n bagian dan dipilih nilai $n = 3, 5, 7, \dots$

2. Mengelompokkan sub segmen garis dalam 2 jenis,

antara lain: Dari $T_0, T_1, T_2, \dots, T_n$ menjadi:

i) $\begin{pmatrix} T_0 T_1, T_2 T_3, T_4 T_5, T_6 T_7, \dots, T_{2n} T_{2n+1} \\ T_1 T_2, T_3 T_4, T_5 T_6, T_7 T_8, \dots, T_{2n+1} T_{2n+2} \end{pmatrix}$

dengan $n = 0, 1, 2, 4, 5, 6, 8, \dots$ Sedang untuk $n = 4i + 3$, dengan $i = 0, 1, 2, \dots$

berlaku $\begin{pmatrix} T_{2n} T_{2n+\frac{1}{2}} \\ T_{2n+\frac{1}{2}} T_{2n+1} \end{pmatrix}$

ii)

$$\begin{pmatrix} T_0 T_2, T_4 T_6, T_8 T_{10}, \dots, T_{7n} T_{7n+2}, T_{7n+4} T_{7n+6}, T_{7n+8} T_{7n+10}, \dots \\ T_2 T_4, T_6 T_8, T_{10} T_{12}, \dots, T_{7n+2} T_{7n+4}, T_{7n+6} T_{7n+8}, T_{7n+10} T_{7n+12}, \dots \end{pmatrix}$$

dengan $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Melalui persamaan $\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \cos \theta - y \sin \theta \\ x \sin \theta + y \cos \theta \\ z \end{pmatrix}$

diperoleh bentuk simetris dan setimbang dengan membagi salah satu sub segmen dari data terletak di antara T_{n-1} dan T_n menjadi 2 bagian yang sama dengan koordinat $T(0, 0, t_{n-\frac{1}{2}})$.

3. Dari data hasil perlakuan (2) membangun deretan kurva dari potongan elips, lingkaran, atau segmen garis melalui persamaan

$$E_{XOY}(t) = \langle r_1 \cos t, r_2 \sin t, 0 \rangle$$

$$E_{XOZ}(t) = \langle r_1 \cos t, 0, r_2 \sin t \rangle,$$

$$E_{YOZ}(t) = \langle 0, r_1 \cos t, r_2 \sin t \rangle \text{ untuk}$$

$$a \leq r \leq b, c \leq r_1; \quad r_2 \leq d, r_1 \neq r_2 \text{ dan}$$

$0 \leq t \leq 2\pi$ dengan cara antara lain arah berlawanan dan tidak homogen.

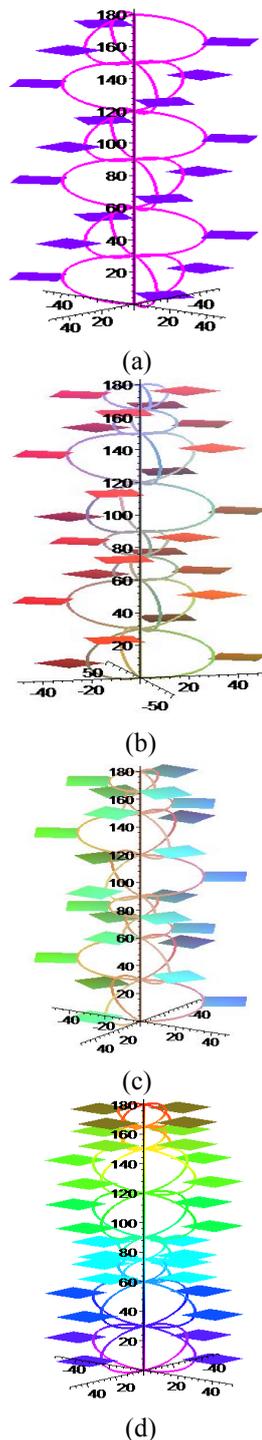
4. Dengan persamaan

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \cos \theta - y \sin \theta \\ x \sin \theta + y \cos \theta \\ z \end{pmatrix}$$

rotasi hasil perlakuan (1), (2), dan (3)

terhadap sumbu simetri \overline{AB} dengan cara antara lain rotasi $\frac{1}{2}\pi$.

Pada Gambar 5 berikut disajikan hasil visualisasi penerapan langkah-langkah kasus (a) dan (b) tersebut.



Gambar 5 Contoh tiang rak berbasis segmen garis

B. Berbasis Heliks

Ditetapkan data heliks (Liu, 1992) dengan ketinggian $50\text{ cm} \leq t \leq 200\text{ cm}$ dan diameter $30\text{ cm} \leq 2r \leq 50\text{ cm}$ pada arah sumbu OZ dengan titik T_0 sampai dengan T_n .

Posisi $T_0=0$ dan titik awal kurva C_0 di bidang XOY ; serta titik akhir kurva adalah C_n . Kurva heliks $\overline{C_0C_n}$ dan $\overline{T_0T_n}$ terbagi homogen ke dalam $[\overline{C_0C_1}, \overline{C_1C_2}, \dots, \overline{C_{n-1}C_n}]$ dan $[\overline{T_0T_1}, \overline{T_1T_2}, \dots, \overline{T_{n-1}T_n}]$. Selanjutnya dibangun beberapa model tiang rak dalam dua kasus berikut.

a. Kasus melingkar.

Dengan formula $\mathbf{H}_L(t) = r \cos t \mathbf{i} + r \sin t \mathbf{j} + t \mathbf{k} = (r \cos(t), r \sin(t), t)$, membangun kurva heliks dengan jari-jari konstan $r = a$ dengan $a = 20$ dan sudut $0 \leq u \leq 6\pi$. Dilain pihak setiap $u = 2\pi, 4\pi, 6\pi$ diberi potongan bidang lingkaran dengan $r = 20$.

b. Kasus mengerucut. Dengan formula $\mathbf{H}_L(t) = r \cos t \mathbf{i} + r \sin t \mathbf{j} + t \mathbf{k} = (r \cos(t), r \sin(t), t)$, membangun kurva heliks dengan jari-jari tidak konstan

$(r_1 \geq r_2 \geq \dots \geq r_n \geq 10)$, dengan $r * (1 - v)$ dan sudut $0 \leq u \leq 6\pi$.

Dilain pihak setiap $u = 2\pi, 4\pi, 6\pi$ diberi potongan bidang lingkaran dengan $r = 20$.

Pada Gambar 6 berikut disajikan contoh hasil validasi visual dari penerapan langkah-langkah (a) dan kasus (b) tersebut.

C. Berbasis Segmen Garis Posisi Miring

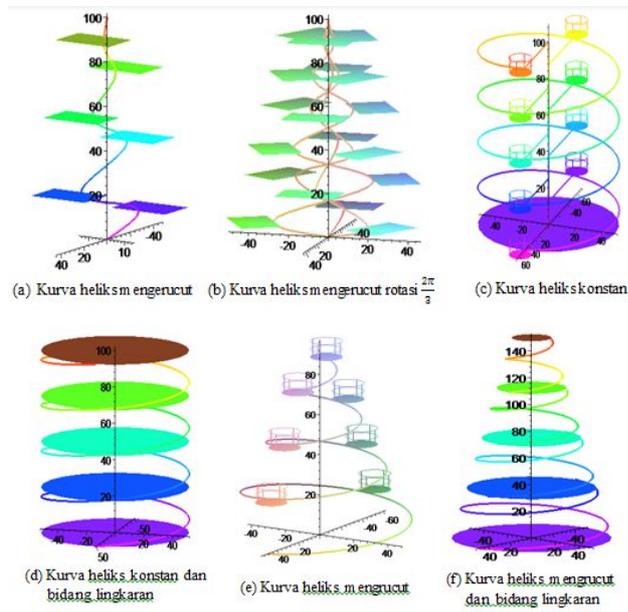
Ditetapkan data segmen garis \overline{AB} dengan ketinggian $50\text{ cm} \leq t \leq 200\text{ cm}$ dalam posisi miring. Pada bidang YOZ ditetapkan koordinat titik $A(0,a,0)$ dan titik $B(0,0,b)$. Selanjutnya dibangun beberapa model tiang rak dengan langkah-langkah berikut.

a. Berdasarkan kesetimbangan persamaan

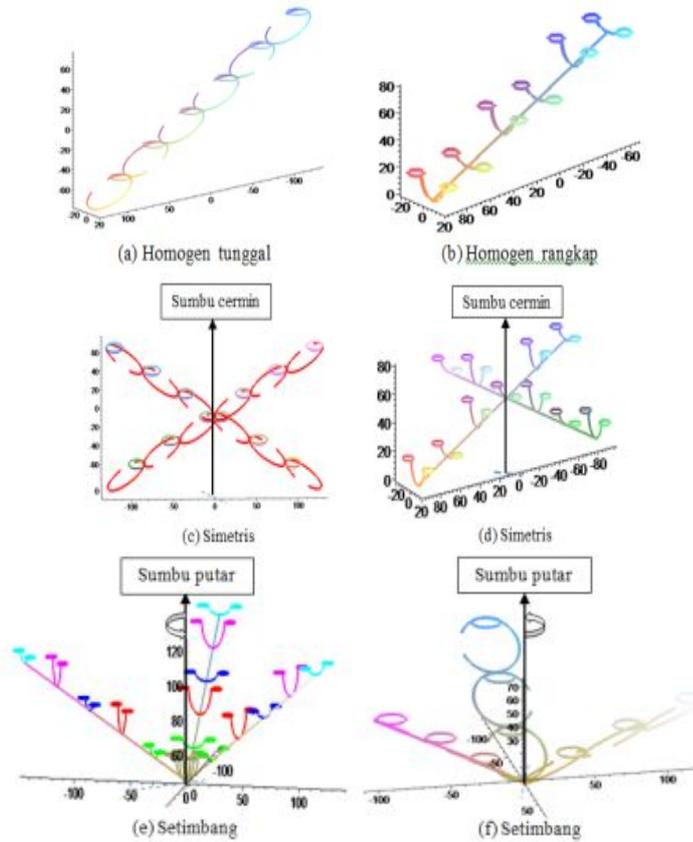
$\tau_A + \tau_B + \tau_C = \tau_D + \tau_E$ membangun sumbu tumpuhan (sumbu poros) segmen garis \overline{AB} di titik C , melalui persamaan titik tengah pada garis, maka koordinat titik $C(\frac{1}{2}(x_A+x_B) + \frac{1}{2}(y_A+y_B) + \frac{1}{2}(z_A+z_B))$ sehingga diperoleh segmen garis menjadi 2 bagian setimbang.

b. Menetapkan segmen garis \overline{AB} dicacah menjadi n bagian dan agar tiap pilar ideal dipilih nilai $n = 4, 6, 8$.

c. Membangun variasi pada satu pilar dan mengisi dengan bentuk potongan kurva (elips, lingkaran, segmen garis) melalui persamaan elips dan lingkaran.



Gambar 6 Contoh model tiang rak berbasis heliks



Gambar 7 Contoh model tiang rak posisi miring

d. Dengan persamaan $\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x+k_1 \\ y+k_2 \\ z+k_3 \end{pmatrix}$ translasi

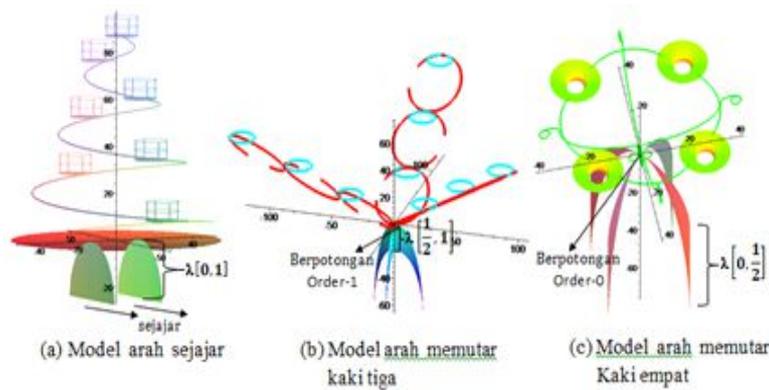
hasil perlakuan (3) untuk mengisi setiap pilar yang lain.

Pada Gambar 7 di atas disajikan contoh hasil validasi visual dari penerapan langkah-langkah kedua kasus tersebut.

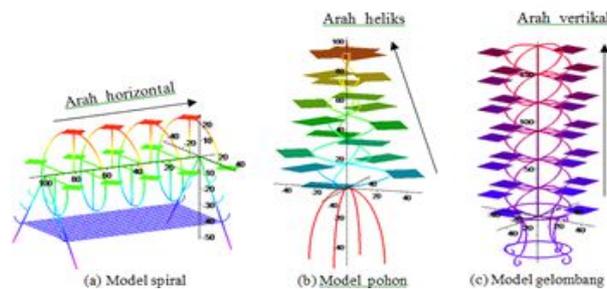
beberapa model kaki rak dengan memiliki ukuran, arah, dan bentuk yang berbeda, sehingga dapat memberikan beragam model kaki rak (Gambar 8a, 8b, 8c).

b. Kaki rak dan tiang dapat dikonstruksi dengan beragam kurva dan menghasilkan beragam model bentuk rak dengan arah bervariasi (Gambar 9).

c. Konstruksi kaki rak berbasis kerucut



Gambar 8. Variasi bentuk komponen knop hasil teknik deformasi



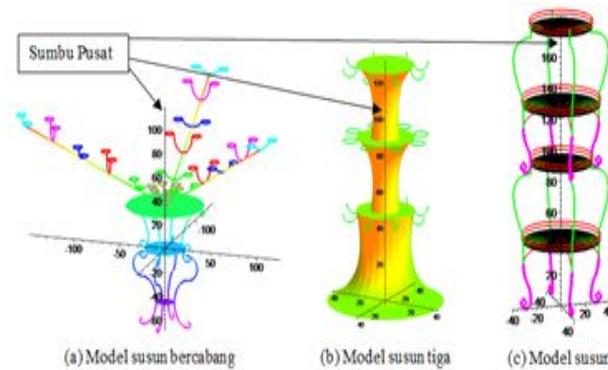
Gambar 9. Model rak berarah

Dari beberapa prosedur modelisasi komponen kaki rak dan komponen tiang rak dimaksud dapat dievaluasi beberapa hal berikut.

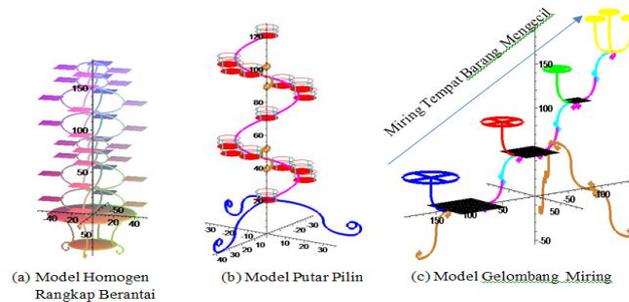
a. Sehubungan dengan penerapan prosedur pada kaki rak berbasis kerangka kubus dan kerangka prisma segitiga, dapat dihasilkan model kaki rak yang fleksibel. Hal ini disebabkan oleh pemilihan harga λ . Penggunaan parameter λ yang berbeda dalam selang $[0,1]$, maka akan diperoleh

terpancung memberikan kesempatan untuk menggabungkan antar kaki rak dengan operasi dilatasi dan translasi, sehingga menghasilkan rak bersusun dan bercabang. Keuntungannya adalah hitungannya sederhana dan menghasilkan model rak simetris, sebangun, dan multimuka (Gambar 10).

d. Tiang rak yang dimodelisasi dapat memberikan sudut pandang yang beragam, antara lain: model pilin, arah memutar, bergelombang, dan berantai (Gambar 11).



Gambar 10. Model rak bersusun



Gambar 11. Model rak sudut pandang beragam

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa untuk memodelisasi komponen rak penataan barang dengan kurva dan permukaan dapat dilakukan sebagai berikut. Pertama, konstruksi penyangga rak dapat dilakukan melalui data sebuah ruang konstruksi dari kerangka kubus, prisma segitiga, atau kerucut terpancung. Selanjutnya menetapkan beberapa titik pada kerangka tersebut untuk membangun beberapa potongan kurva. Terakhir menginterpolasi beberapa pasangan kurva untuk membangun permukaan guna membentuk kaki rak. Kedua, konstruksi tiang rak dapat dilakukan melalui data segmen garis tegak, miring atau berbentuk heliks. Kemudian dilakukan pencacahan segmen garis dan heliks menjadi beberapa sub segmen. Beberapa sub segmen dikelompokkan untuk

membangun kurva berarah, berantai, dan bersusun sehingga diperoleh beragam bentuk tiang rak.

DAFTAR PUSTAKA

- Kusno. 2010. *Geometri Rancang Bangun*. Jember: Jember University Press.
- Liu, J.Y., Yan, H.S. 1992. Geometry Design of Trapezoidal Threaded Variable Pitch Lead Screws, *Computers & Math. with Applications*. 23(1):65-73.
- Tika, N.P. 2011. *Enam Ide Rak Kompak*. Juni. Jakarta: Penerbit Tabloid Nova. <http://m.tabloidnova.com/Nova/Griya/Interior/6-Ide-Rak-Kompak>.
- Wiwit, S. 2012. *Desain Rak Pot Bunga*. Tesis. Jember: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.