ISBN : 978-979-16353-3-2

T-17

METODE FINALTI UNTUK MENENTUKAN BERAT SAPI OPTIMAL

Oleh :
H. A. Parhusip[1] dan Siska Ayunani[2]
Program Studi Matematika Industri dan Statistika
Fakultas Sains dan Matematika (FSM)
Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW) (www.uksw.edu)
[1]pressure1733@hotmail.com
[2]mahasiswa S1, –FSM-UKSW

Abstrak *: Pada makalah ini ditunjukkan cara menyatakan berat sapi (w) sebagai fungsi lingkar dada (r(t)) dan pupuk urea (u(t)) sebagai fungsi parametrik. Untuk selanjutnya ditentukan lingkar dada dan pupuk urea yang optimal untuk menentukan berat sapi yang menghasilkan produksi susu sapi secara maksimal. Untuk itu digunakan metode Finalti. Diperoleh hasil bahwa pada lingkar dada r =206 cm maka berat sapi optimal adalah w = 450.1kg. Sedangkan nilai pupuk urea yang menyebabkan berat optimal untuk produksi susu sapi adalah 37.21 gram. Berdasarkan data maka hal ini dibenarkan.*

Karena jumlah hijauan sebagai variabel dominan maka jumlah hijauan berkontribusi pada fungsi berat sapi. Berat sapi dapat dinyatakan sebagai fungsi hijauan x_1*, pupuk urea u(t) dan lingkar dada r(t).*

Kata kunci : *lingkar dada, pupuk urea, fungsi parameterik, metode Finalti*

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada (Parhusip dan Ayunani,2009,[1]) telah ditunjukkan bahwa hijauan sebagai variabel dominan untuk berat sapi yang produktif menghasilkan susu. Hal ini dilakukan dengan menggunakan *Principal Componen Analysis* (Shlens, 2005) Selain hijauan terdapat beberapa variabel lain yang diukur seperti pupuk urea, lingkar dada, garam dapur, ketela untuk mempelajari berat sapi yang optimal dalam menghasilkan produksi susu sapi. Data diobservasi setiap hari selama 1.5 bulan, dari tanggal 15 Juli 2008 sampai dengan 30 Agustus 2008. Data diperoleh dari Peternakan Rakyat Dukuh Belon, Kelurahan Kumpulrejo, Kecamatan Argomulyo, Kota Salatiga.

Untuk itu pada makalah ini akan ditunjukkan bagaimana menentukan hubungan antara berat sapi dengan lingkar dada dan banyaknya pupuk urea yang diberikan sebagai fungsi waktu dan menggunakan variabel dominan pada berat sapi setelah dinyatakan sebagai fungsi lingkar dada dan pupuk urea.

ISBN : 978-979-16353-3-2

Berat pupuk urea diberikan perhari sama dalam 2 minggu dan waktu maksimal yang diberikan adalah 40 minggu. Berat sapi sebagai fungsi parametrik lingkar dada dan pupuk urea dengan parameter waktu. Penetapan parameter dilakukan dengan metode kuadrat terkecil sebagaimana telah ditunjukkan pada literatur(Parhusip, 2009,[3]).

Makalah ini disusun sebagai berikut. Pada Bab II ditunjukkan pemodelan yang dilakukan, dan Bab III menunjukkan langkah-langkah yang dilakukan dalam menyusun model dan menyelesaian. Bab IV ditunjukkan hasil modifikasi model lebih lanjut serta pada akhirnya kesimpulan ditunjukkan pada Bab V.

2. PEMODELAN

2.1 Model Logistik untuk lingkar dada dan pupuk urea

Diasumsikan bahwa lingkar dada sapi tidak akan bertambah ketika *t* menuju tak hingga (dalam waktu yang lama) yang menyebabkan lingkar dada tidak akan menuju tak hingga tetapi menuju suatu nilai konstan, sehingga kita memperoleh model untuk lingkar dada sapi yaitu:

$$\frac{dr(t)}{dt} = kr\left(1 - \frac{r}{K}\right)$$

dengan K = lingkar dada maksimum dan k = konstanta laju perubahan lingkar dada dengan syarat $k > 0$. Komputasi dilakukan dengan menggunakan data tak berdimensi sehingga K dan k tidak mempunyai satuan. Nilai parameter K dapat ditentukan jika:

$$\frac{dr(t)}{dt} = 0 \qquad (1)$$

sehingga $K=r(t^*)$ dengan t^* merupakan waktu yang menyebabkan persamaan (1). Dengan memisahkan variabelnya maka:

$$r(t) = \frac{K}{1+Ae^{-kt}} \text{ dengan } A = \frac{K-r_0}{r_0} \ . \qquad (2.a)$$

Jika K dan t^* sudah diketahui maka k dapat diperoleh yaitu :

$$k = \frac{\ln(K - r(t)/r(t)*A)}{t*} \ . \qquad (2.b)$$

Secara sama dapat pula dilakukan untuk pupuk urea.

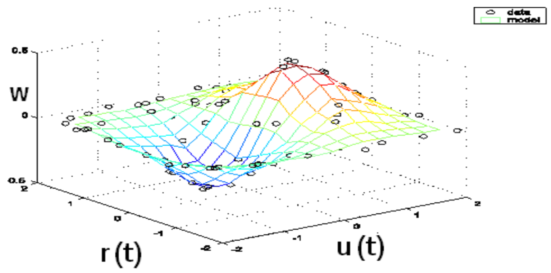
2.2 Berat sapi sebagai fungsi pupuk urea dan lingkar dada

 ISBN : 978-979-16353-3-2

Pada makalah ini dipilih bentuk yang secara analitik mempunyai nilai minimum dan maksimum . Misal

$$w = \gamma r(t) e^{-\alpha r(t)^2 - \beta u(t)^2} \quad (3.a)$$

dengan α, β dan γ dicari berdasarkan data dan *r*(*t*) = lingkar dada sebagai fungsi waktu , *u*(*t*) = fungsi berat pupuk urea . Fungsi ini telah digunakan untuk memodelkan pendapatan daerah Salatiga sebagai fungsi sektor pajak dan retribusi (Parhusip,2009,[3]) .Ilustrasi fungsi (3.a) dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi grafik berdasarkan data random untuk fungsi

$w = \gamma r(t) e^{-\alpha r(t)^2 - \beta u(t)^2}$ **pada** $\alpha = 1, \beta = 1$ **dan** γ **=1.**

Parameter dapat ditentukan dengan metode kuadrat terkecil. Pada dasarnya metode ini mencari α, β dan γ dengan meminimalkan

$$R = \sum_{i=1}^{n} (w_{d,i} - w_i)^2 \quad (3.b)$$

dengan $w_{d,i}$ adalah data berat sapi ke-*i*. Dengan metode kuadrat terkecil (Parhusip,2009;[3]) maka nilai α, β dan γ dapat dicari dengan meminimalkan

$$R = \sum_{i=1}^{n} (w_{d,i} - w_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} \left(w_{d,i} - \gamma r_i e^{-\alpha r_i^2 - \beta u_i^2} \right)^2 \quad (3.c)$$

dimana: $w_{d,i}$ = data berat pada waktu ke-*i, n* = banyaknya data.

Agar mendapatkan error yang minimum berarti $\vec{\nabla} R = \vec{0}$. Jadi diperoleh 3 persamaan untuk memperoleh α, β dan γ . Persamaan tersebut diselesaikan dengan bantuan MATLAB yaitu dengan menggunakan fungsi *lsqnonlin* .Untuk selanjutnya perlu ditentukan *r*(*t*) dan *u*(*t*) pada suatu *t* yang memaksimumkan *w*

2.3 Metode Finalti (*Penalty Method*)

 ISBN : 978-979-16353-3-2

Metode Finalti (Peressini,1988) pada makalah ini digunakan untuk menyelesaikan kasus dimana kasus mula- mula adalah memaksimalkan *w* tanpa kendala. Sedangkan Metode Finalti biasa digunakan untuk meminimalkan fungsi dengan kendala. Untuk menggunakan metode ini maka masalah optimasi harus disusun dalam bentuk umum sebagai berikut

Anggap bahwa $f(\vec{x})$, $g_1(\vec{x})$, …, $g_m(\vec{x})$ turunan parsial yang kontinu di R^n. Untuk menyelesaikan masalah optimasi berkendala yaitu

$$\begin{cases} \text{minimalkan } f(\vec{x}) \text{ dengan kendala} \\ g_1(\vec{x}) \le 0, g_2(\vec{x}), \ldots, g_m(\vec{x}) \le 0, \quad \vec{x} \in R^n \end{cases} \tag{P.1a}$$

dilakukan proses sebagai berikut

(1). Untuk setiap bilangan bulat positif *k* (disebut parameter Finalti), anggap $\vec{x}_k^*$ adalah peminimum global untuk fungsi Finalti yaitu

$$P_k(\vec{x}) = f(\vec{x}) + k\sum_{i=1}^{m}\left[g_i^+(\vec{x})\right]^2 . \tag{P.1b}$$

Notasi $g_i^+(\vec{x})$ menyatakan bahwa untuk suatu kendala $g_i(\vec{x}) \le 0$, maka fungsi $g_i^+(\vec{x})$ didefinisikan sebagai

$$g_i^+(\vec{x}) = \begin{cases} 0 & \text{jika } g_i(\vec{x}) \le 0 \\ g_i(\vec{x}) & \text{jika } g_i(\vec{x}) > 0 \end{cases} . \tag{P.1c}$$

(2). Tunjukkan bahwa subbarisan $\{\vec{x}_k^*\}$ konvergen pada suatu penyelesaian $\vec{x}^*$ untuk masalah (P.1).

Oleh karena fungsi kendala dinyatakan dalam bentuk persamaan (P.1c) maka diperlukan adanya jaminan bahwa $h(\vec{x}) = [g^+(\vec{x})]^2$ juga mempunyai turunan pertama parsial yang kontinu di R^n. Hal ini ditunjukkan pada Lemma 1.a berikut ini.

Lemma 1.a.

Jika $g(\vec{x})$ mempunyai turunan parsial pertama yang kontinu di R^n, hal ini berlaku juga $h(\vec{x}) = [g^+(\vec{x})]^2$. Selain itu turunan parsial tersebut adalah

$$\frac{\partial h(\vec{x})}{\partial x_i} = 2g^+(\vec{x})\frac{\partial g}{\partial x_i}(\vec{x})$$, untuk semua *i* = 1,2,…,*n* untuk semua $\vec{x} \in R^n$.

 ISBN : 978-979-16353-3-2

Bukti : (halaman 219).

Secara umum metode Finalti ditunjukkan oleh Teorema berikut ini.

Teorema 1.b

Anggap bahwa $f(\vec{x})$, $g_1(\vec{x})$, …, $g_m(\vec{x})$ kontinu di R^n dan $f(\vec{x})$ terbatas ke bawah di R^n (yaitu terdapat suatu konstan *c* sehingga berlaku $c \le f(\vec{x})$ untuk semua $\vec{x} \in R^n$). Jika $x_F{}^*$ suatu penyelesaian pada masalah yaitu

$$\begin{cases} \text{minimalkan } f(\vec{x}) \text{ dengan kendala} \\ g_1(\vec{x}) \le 0, g_2(\vec{x}), \ldots, g_m(\vec{x}) \le 0, \end{cases} \tag{P.2a}$$

dan jika setiap bilangan bulat positif *k*, terdapat suatu $x_k \in R^n$ sehingga

$$P_k(\vec{x}_k) = \min_{\vec{x} \in R^n} P_k(\vec{x}),$$

maka

(i). $P_k(\vec{x}_k) \le P_{k+1}(\vec{x}_{k+1}) \le f(\vec{x}_F^*)$ untuk setiap bilangan bulat positif *k*

(ii). $\lim\limits_{k \to \infty} \sum_{i=1}^{m} \left[g_i^+(\vec{x}_k) \right]^2 = 0$.

Sebagai konsekuensi, jika $\{\vec{x}_{k_P}\}$ adalah subbarisan $\{\vec{x}_k\}$ yang konvergen dan jika

$$\lim_{k_P} \{\vec{x}_{k_P}\} = \vec{x}^{**}$$

maka $\vec{x}^{**}$ adalah penyelesaian untuk problem (P.2.a).

Bukti : (halaman 222)

2.5.1 Penggunaan Metode Finalti untuk penyusunan masalah optimasi memaksimalkan berat sapi

Oleh karena metode Finalti digunakan untuk meminimalkan fungsi tujuan, maka diasumsikan

Minimumkan *z* =-*w*

dengan kendala

$$\begin{aligned} g_1(\vec{x}) &= r \ge 0, \\ g_2(\vec{x}) &= u \ge 0, \end{aligned} \tag{4.a}$$

dengan $\vec{x} = (r, u)$.

Setelah mengasumsikan bahwa fungsi tersebut mempunyai kendala maka harus disusun g^+ untuk masing-masing *r*,*u* yaitu:

$$g_1^+(\vec{x}) = \begin{cases} 0, r \le r_{\min} \\ r - r_{\min}, r > r_{\min} \end{cases} \text{ dan } g_2^+(\vec{x}) = \begin{cases} 0, u \le u_{\min} \\ u - u_{\min}, u > u_{\min} \end{cases}. \quad (4.b)$$

dengan $r_{\min}$ dan $u_{\min}$ menyatakan berturut-turut lingkar dada minimum dan berat pupuk urea minimum. Untuk masing- masing $g_1^+(\vec{x})$ dan $g_2^+(\vec{x})$ akan disusun fungsi Finalti yaitu :

$$F_k(\vec{x}) = f(\vec{x}) + k\sum_{i-1}^{m} g_i^+(\vec{x}), \quad (4.c)$$

dengan $k > 0$.

Jadi masalah yang dioptimasi menjadi meminimumkan $F_k(\vec{x})$ pada persamaan (4.c). Kasus ini menjadi seperti bentuk meminimalkan fungsi tujuan tanpa kendala. Artinya akan dicari x_F^* yang akan meminimalkan $F_k(\vec{x})$. Berarti perlu dicari *k* yang memenuhi $\nabla F_k(\vec{x}) = \vec{0}$. Hal ini selanjutya ditunjukkan pada Bab IV.

3. METODE PENELITIAN

1. Menyatakan data dalam bentuk tak berdimensi.
2. Menggunakan model logistik untuk menyusun lingkar dada dan pupuk urea sebagai fungsi waktu.
3. Menyusun berat sapi sebagai fungsi parametrik lingkar dada dan pupuk urea.
4. Mencari berat sapi yang paling maksimal setelah diketahui fungsi lingkar dada serta fungsi pupuk urea dengan metode Finalti yang disertai dengan pemecahan masalah penetapan parameter menggunakan MATLAB.
5. Menyatakan berat sapi sebagai fungsi lingkar dada, pupuk urea dan jumlah hijauan.
6. Membuat kesimpulan.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

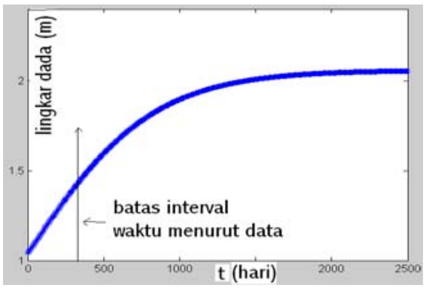
Sebagaimana ditunjukkan pada Bab II bahwa data perlu dinyatakan dalam bentuk tak berdimensi. Oleh karena ini data hanya berkisar pada interval (0,1].

4.1 Lingkar dada sebagai fungsi waktu (*t*)

Pad bab II, dipilih model logistik untuk melihat laju lingkar dada sapi tersebut. Akan tetapi data tidak mendukung agar parameter *K* dan *k* dapat ditetapkan. Hal ini

 ISBN : 978-979-16353-3-2

dikarenakan banyaknya data tidak menunjukkan besar *K* sehingga *r*(*t*) konstan untuk *t* tak berhingga. Hal ini dijelaskan pada Gambar 2



Gambar 2. Lingkar dada dianggap mengikuti model logistik dengan *K* = 2.06 (meter) dan *k* = 0.0264.

Pada Gambar 2 lingkar dada maksimum diambil 2.06 meter yang menurut data sapi berumur 280 hari. Akan tetapi dengan model logistik diperoleh lingkar dada dibawah 1.5 meter. Jadi parameter yang dipakai tidak tepat, sehingga data hanya menunjukkan daerah linear lingkar dada. Oleh karena itu, selanjutnya lingkar dada dimodelkan dengan model linear sebagai fungsi waktu. Dengan menggunakan regresi linear (Parhusip,2008) diperoleh lingkar dada dalam bentuk tak berdimensi sebagai fungsi waktu yaitu:

$$g(t) = r(t) = 0.5024\,t + 0.5072\,,\quad 0.0036 \le t \le 1\,. \tag{5.1}$$

Sehingga berat sapi dapat dinyatakan sebagai fungsi parametrik berbentuk parabola yaitu

$$f(r) = w = 1.7717r^2 - 0.9722r + 0.2034 \tag{5.2}$$

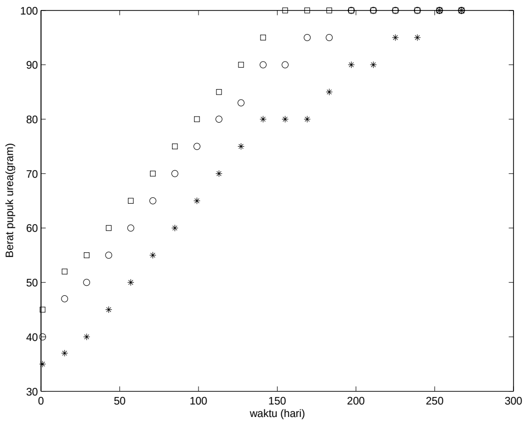
dengan *r* mengikuti persamaan (5.1). Akan tetapi hal ini masih belum melibatkan pupuk urea yang dapat mempengaruhi berat sapi. Oleh karena itu fungsi ini perlu diperbaiki kembali.

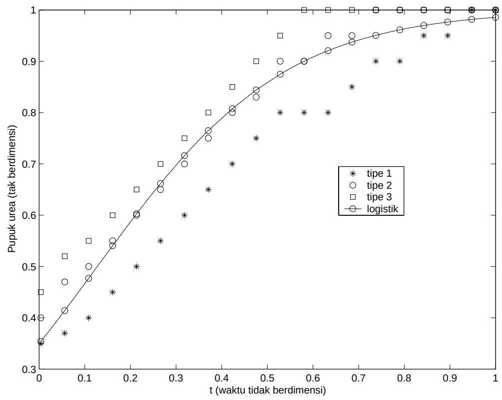
4.2 Pupuk urea sebagai fungsi waktu untuk berat sapi (*w*) tertentu

Dari data berat sapi yang dianggap telah menghasilkan produksi susu sapi adalah berat sapi yang mulai dari 300 kg keatas. Oleh karena itu pada makalah ini pupuk urea sebagai fungsi waktu hanya untuk berat sapi yang dimulai dari 300 kg yang terdiri dari 3 kelompok berat yang disebut sebagai tipe 1, tipe 2 dan tipe 3. Ketiga kelompok tersebut adalah $300 \le w \le 350$ (disebut tipe 1), $350 \le w \le 400$ (disebut tipe 2) dan $w \ge 400$ (disebut tipe 3). Hal ini diilustrasikan pada Gambar 3.

Menurut Gambar 3.a, dapat diduga bahwa berat pupuk urea juga mengikuti model logistik. Dengan menggunakan komputasi tak berdimensi dan mengikuti penyusunan parameter pada Bab II maka dapat diperoleh *K* = 1 dan *k* =4.8514 pada *t**=0.5805 (162 hari) dimana *t** adalah waktu saat lingkar dada sudah tidak bertambah lagi atau konstan. Dengan parameter tersebut berat pupuk urea untuk ketiga tipe berat sapi dapat ditunjukkan pada Gambar 3.b dengan model logistik. Yaitu

$$u(t) = \frac{1}{1+1.8571e^{-4.8514t}} \,. \qquad (6)$$





Gambar.3.a Data berat pupuk urea pada interval $300 \le w \le 350$ **(bertanda *)** $350 \le w \le 400$ **(bertanda o) ,** $w \ge 400$ **(bertanda ◊)**

Gambar 3.b . Model logistik untuk lingkar dada pada saat *t**

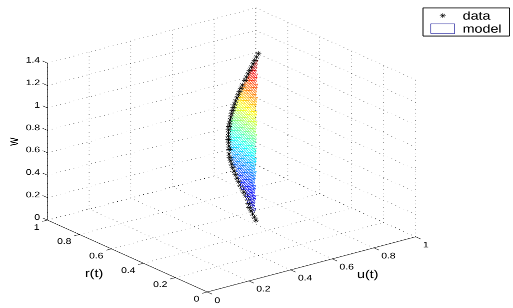
Hasil pendekatan model logistik untuk ketiga berat sapi tipe 1, tipe 2 dan tipe 3 berturut-turut mempunyai error 10.9154%, 3.2520%, 7.0055%. Jadi error dianggap cukup kecil sehingga pendekatan model logistik untuk pupuk urea sebagai fungsi waktu dapat diterima. Untuk selanjutnya berat sapi dinyatakan sebagai fungsi lingkar dada dan fungsi pupuk urea.

4.3 Berat sapi *w* sebagai fungsi *r*(*t*) dan *u*(*t*)

Dengan menggunakan model pada persamaan (3.a) maka diperlukan optimasi untuk mendapatkan parameter yang tepat. Diperoleh fungsi *w* adalah

$$w = 0.2697\, r(t) e^{0.7257\, r(t)^2 + 0.6065\, u(t)^2} \qquad \textbf{(*)}$$

dengan error 0.6937%. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi hubungan data berat sebagai fungsi lingkar dada dan urea dengan persamaan (*).

Dari optimasi, fungsi 2 peubah atau lebih belum tentu mempunyai nilai *r*(*t*) dan *u*(*t*) yang memaksimalkan ataupun meminimumkan fungsi *w*. Hal ini diselidiki sebagai berikut.

Dengan menggunakan Metode Finalti (Penalty Method) memaksimalkan w

Sebagaimana ditunjukkan pada Bab II, akan dicari pula *w* yang maksimal atau meminimalkan *z* =-*w* dengan mengasumsikan bahwa kendala untuk masing- masing *r*,*u* dapat ditulis sebagai

$$\begin{matrix} g_1(\vec{x}) = r \geq 0, \\ g_2(\vec{x}) = u \geq 0. \end{matrix} \text{ dengan } \vec{x} = (r,u).$$

Tahap 1: Susun g^+ untuk masing-masing *r*,*u* yaitu:

$$g_1^+(\vec{x}) = \begin{cases} 0, r \leq r_{\min} \\ r - r_{\min}, r > r_{\min} \end{cases} \text{ dan } g_2^+(\vec{x}) = \begin{cases} 0, u \leq u_{\min} \\ u - u_{\min}, u > u_{\min} \end{cases} \quad (8.a)$$

Tahap 2: Menyusun fungsi Finalti sehingga akan diperoleh bentuk:

$$F_k(\vec{x}) = -\gamma\left\{e^{-\alpha r^2 - \beta u^2}\right\} + k(r - r_{\min}) + k(u - u_{\min}). \quad (8.b)$$

Setelah diketahui fungsi $F_k(\vec{x})$ maka akan dicari x_F^* yaitu (r^*, u^*) yang meminimalkan $F_k(\vec{x})$. Hal ini seperti meminimalkan fungsi tanpa kendala seperti yaitu dengan mencari $\nabla F_k(\vec{x}) = 0$ sehingga:

$$\frac{\partial F}{\partial r} = -\gamma\left\{e^{\alpha r^2 + \beta u^2}\right\}\left\{1 + 2\alpha r^2\right\} + k = 0, \quad (9.a)$$

$$\frac{\partial F}{\partial u} = -\gamma r\left\{e^{\alpha r^2 + \beta u^2}\right\}\left\{2\beta u\right\} + k = 0. \quad (9.b)$$

Atau persamaan (9.a)-(9.b) dapat ditulis berturut-turut menjadi:

$$-\gamma\left\{e^{-\alpha r^2 - \beta u^2}\right\}\left\{1 + 2\alpha r^2\right\} = -k, \quad (9.c)$$

$$-\gamma r\left\{e^{-\alpha r^2 - \beta u^2}\right\}\left\{2\beta u\right\} = -k. \quad (9.d)$$

 ISBN : 978-979-16353-3-2

Karena kedua persamaan (9a)-(9b) sama-sama memuat variabel *k* maka persamaan tersebut dapat ditulis sebagai:

$$\gamma\left\{e^{-\alpha r^2-\beta u^2}\right\}\left\{1+2\alpha r^2\right\}-\gamma r\left\{e^{-\alpha r^2-\beta u^2}\right\}\left\{2\beta u\right\}=0 \tag{10}$$

Persamaan (10) dapat lebih disederhanakan sehingga akan diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\gamma e^{-\alpha r^2-\beta u^2}\left\{1+2\alpha r^2-2r\beta u\right\}=0 \tag{11.a}$$

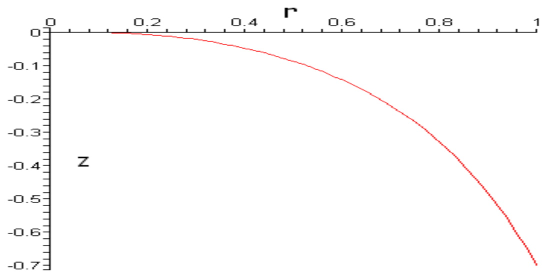
Dari persamaan (11.a) akan diperoleh nilai u^* yaitu:

$$u^*=\frac{1+2\alpha r^2}{2r\beta} \tag{11.b}$$

sehingga nilai u^* dapat memenuhi

$$z=-0.2697r^*e^{0.7257r^{*2}+0.6065u^{*2}}=-0.2697r^*e^{0.7257r^{*2}+0.6065\frac{1-2(0.7257)r^{*2}}{-2(0.6065)r^*}}\,. \tag{12.}$$

Untuk selanjutnya fungsi z diilustrasikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Fungsi *z*(*r*) dari persamaan (12.b)

Gambar 5 menunjukkan bahwa pada *r*=1 maka *z* minimum yaitu *z* = -0.7. Artinya *w* =-*z* =0.7. Hal ini berarti pula pada lingkar dada *r* =206 cm maka berat sapi maksimum adalah *w* = 0.7*643 kg = 450.1kg. Sedangkan nilai pupuk urea yang menyebabkan berat maksimum ini ditunjukkan oleh persamaan $u^*=\frac{1+2\alpha r^2}{2r\beta}=\frac{1-2(0.7257)}{-2(0.6065)}=$ 0.3721 (tanpa dimensi). Pupuk urea dalam bentuk berdimensi sebesar *u** = 0.3721*100 gram= 37.21 gram. Berdasarkan data maka hal ini dibenarkan. Grafik menunjukkan data (disimbolkan *) memenuhi fungsi yang ditunjukkan dengan permukaan kecil pada Gambar 4.

Variabel dominan yang dianggap berperan terhadap produksi susu sapi adalah jumlah hijauan (Parhusip dan Ayunani,2009,[1]). Sedangkan produksi susu sapi yang dianggap sudah bagus dihasilkan pada berat minimal 300 kg (informasi informal yaitu langsung dari petani sapi). Sedangkan berat sapi yang lebih besar dari 300 kg dapat ditulis sebagai fungsi lingkar dada dan pupuk urea. Sehingga variabel yang mempengaruhi produksi susu sapi juga berpengaruh terhadap berat sapi penghasil susu sapi. Untuk itu dapat disusun fungsi

$$w = \gamma(x_1) r(t) e^{-\alpha r(t)^2 - \beta u(t)^2} \qquad (*)$$

dengan $\gamma(x_1)$ sebagai parameter yang tergantung dari jumlah hijauan. Yang mengakibatkan berat sapi sebagai fungsi lingkar dada, pupuk urea dan jumlah hiajuan. Oleh karena itu perlu ditetapkan penyusunan fungsi $\gamma(x_1)$ dan dipilih fungsi $\gamma(x_1)$ = bx_1^d, dengan *b* dan *d* parameter yang harus dicari berdasarkan data. Secara sama pada Bab II, parameter dapat dicari dengan metode kuadrat terkecil. Kemudian pemodelan dapat dilanjutkan.

Yaitu persamaan (*) dapat ditulis sebagai

$$w = bx_1^d r(t) e^{-\alpha r(t)^2 - \beta u(t)^2}. \qquad (13)$$

Dengan mengikuti Bab II, untuk mendapatkan parameter *b,d*,α, β maka perlu meminimalkan

$$R = \sum_{i=1}^{n} [w_i - bx_{1,i}^d r(t_i) e^{-\alpha r(t_i)^2 - \beta u(t_i)^2}]^2, \qquad (14.a)$$

dan

$$u(t_i) = \frac{1}{1 + 1.8571 e^{-4.8514 t_i}}, \quad r(t_i) = 0.5024 t_i + 0.5072,$$

$$0.0036 \le t_i \le 1. \qquad (14.b)$$

Untuk menyelesaikan masalah (14.a)-(14.b) dengan menggunakan fungsi *lsqnonlin*.m. Diperoleh hasil

b=0.2705, *d*=0.0011, $\alpha =$ -0.7053, $\beta =$ -0.6218

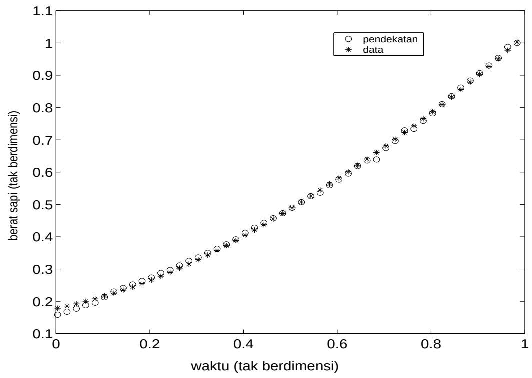
dengan error 1.3942 %. Waktu awal pengamatan umumnya ditulis dalam bentuk tak berdimensi dimulai dari *t* = 0. Oleh karena itu pada persamaan (14.b) waktu dapat ditulis pada interval $0 \le t \le 1$. Jadi dengan mensubstitusikan nilai parameter tersebut pada persamaan (13), berat sapi dapat dinyatakan sebagai fungsi hijauan, pupuk urea dan lingkar dada dalam bentuk

W= $0.2705 x_1^{0.0011} r(t) e^{0.7053 r(t)^2 + 0.6218 u(t)^2}$, untuk $0 \le t \le 1$ (15.a)

 ISBN : 978-979-16353-3-2

dan $u(t)=\dfrac{1}{1+1.8571e^{-4.8514t}}$, $r(t)=0.5024t+0.5072$. (15.b)

Sebagai fungsi waktu, persamaan (15a)-(15b) dapat diilustrasikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Ilustrasi Fungsi berat sapi

$$W= 0.2705x_1^{0.0011}r(t)e^{0.7053r(t)^2+0.6218u(t)^2}, 0 \le t \le 1.$$

Nilai berat sapi berdimensi dapat diperoleh dengan mudah dengan mengalikan fungsi tersebut dengan maksimum berat sapi sebagai referensi. Hal ini tidak ditunjukkan pada makalah ini.

KESIMPULAN

Pada makalah ini telah ditunjukkan cara menyatakan berat sapi (*w*) sebagai fungsi lingkar dada (*r*(*t*)) dan pupuk urea (*u*(*t*)) sebagai fungsi parametrik. Untuk selanjutnya ditentukan lingkar dada dan pupuk urea yang maksimal untuk menentukan berat sapi yang menghasilkan produksi susu sapi secara maksimal. Untuk itu digunakan metode Finalti. Diperoleh hasil bahwa pada lingkar dada *r* =206 cm maka berat sapi maksimum adalah *w* = 450.1kg. Sedangkan nilai pupuk urea yang menyebabkan berat maksimum adalah 37.21 gram. Berdasarkan data maka hal ini dibenarkan.

Karena jumlah hijauan sebagai variabel dominan maka jumlah hijauan berkontribusi pada fungsi berat sapi. Berat sapi dapat dinyatakan sebagai fungsi hijauan x_1, pupuk urea *u*(*t*) dan lingkar dada *r*(*t*).

Petani sapi dapat menggunakan model yang diperoleh untuk mengukur berat sapi yang sesungguhnya tanpa menggunakan timbangan asalkan mempunyai data hijauan yang dimakan sapi, data pupuk urea yang diberikan dan ukuran lingkar dada dalam selang waktu yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Parhusip H. A., dan Siska Ayunani, 2009. Principal Component Analysis (PCA) untuk Analisis Perlakukan Pemberian Pakan dan Mineral terhadap Produksi Susu Sapi, *Prosiding* Seminar Nasioanal Matematika UNPAR 5 September 2009, Vol 4 Th. 2009, hal.AA 42-51, ISSN 1907-3909.

[2] Shlens, J., 2005. *A Tutorial on Principal Component Analysis*, Institute for Nonlinear Science, University of California, San Diago La Jolla.

[3] Parhusip H. A., 2009. Determination Parameter by Nonlinear Least Square, *Proceedings* of 4th International Conference on Mathematics and Statistics (ICOMS 2009) , Universitas Malahayati Badar Lampung @MSMSSEA and Univ.Malahayati, 13-14 August 2009,page 295-304, ISSN 2085-7748.

[4] Parhusip H. A., 2008. Pengajaran Kalkulus dengan Excel dan Matlab di Fakultas Sains dan Matematika UKSW, *Prosiding* Seminar Nasional Matematika IV 2008, ISBN: 978-979-96152, PB 66.

[5] Peressini, A.L., Sullivan, F.E.,Uhl, J.J., 1988. *The Mathematics of Nonlinear Programming*, Springer-Verlag, New-York.