

**OPTIMASI WAKTU EFEKTIF APLIKASI HERBISIDA PADA TANAMAN
KELAPA SAWIT (*ELAEIS GUINEENSIS JACQ.*) DENGAN FUNGSI ESTIMASI
DENSITAS KERNEL**

(Studi Kasus di Perkebunan Sawit PT SMART Tbk, Libo Estate, Riau)

Putri Aulia Wahyuningsih¹, Tatik Widiharih², Hasbi Yasin³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Staf Pengajar Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Palm oil agribusiness is one of potential source to accelerate economic growth in Indonesia. Palm oil is the raw material to produce CPO (Crude Palm Oil) which is source of vegetable oil that is needed by all people. This research used a combination of 16 treatments of type and dose of herbicide on oil palm trees. Purposes of this research are to determine the optimal timing of herbicide applications and determine the treatment that maximizes efficacy of weed. Optimal timing of herbicide applications to the palm trees is determined through the largest mean of bootstrap resample and plot of kernel epanechnikov density estimation. Optimal treatment is determined through the largest mean of bootstrap resample, the smallest variance resample, the smallest range of bootstrap percentile confidency interval, and coverage probability that close to $1-\alpha$. Result obtained is the optimal timing of herbicide applications to oil palm trees is 8 weeks after applications. And optimal treatment is Tricalon 318 EC at a dose of 1500 cc.

Keywords : oil palm, bootstrap, epanechnikov kernel, bootstrap percentil confidency interval

1. PENDAHULUAN

Agribisnis merupakan salah satu sumber potensial dalam mempercepat pertumbuhan perekonomian di Indonesia. Salah satu agribisnis yang dimaksud adalah perkebunan, khususnya kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*). Kelapa sawit merupakan bahan dasar untuk menghasilkan CPO (*Crude Palm Oil*), CPO tersebut merupakan bahan dasar pembuatan minyak goreng serta turunannya (margarin, sabun, shampo, dan sebagainya) yang merupakan salah satu sumber minyak nabati yang sangat dibutuhkan oleh semua kalangan. Produktifitas minyak nabati kelapa sawit berada jauh di atas tanaman lainnya, dengan potensi produksi yang demikian tinggi, kelapa sawit dan produknya sudah sangat dikenal luas oleh sebagian besar penduduk dunia. (Edward, 2007)

Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi model untuk mendapatkan perlakuan terbaik dan waktu optimum aplikasi herbisida pada efikasi gulma di perkebunan kelapa sawit. Untuk memperoleh hasil yang representatif untuk perkebunan kelapa sawit skala besar dilakukan resampel bootstrap untuk memperbesar ukuran sampel. Waktu optimal aplikasi herbisida tanaman kelapa sawit ditentukan melalui rata-rata resampel bootstrap terbesar dan plot estimasi fungsi densitas kernel Epanechnikov. Sedangkan perlakuan terbaik ditentukan melalui batas-batas interval konfidensi bootstrap persentil, cakupan probabilitas, dan rentang interval konfidensi.

2. TINJAUAN STATISTIK

2.1 Metode Bootstrap

Metode bootstrap adalah metode simulasi data untuk keperluan inferensi statistik. Apabila bootstrap digunakan, maka inferensi dapat dilakukan tanpa membuat asumsi distribusi. Dalam bootstrap dilakukan resampling dengan pengembalian untuk memperbesar ukuran sampel.

Langkah-langkah dalam prosedur bootstrap adalah sebagai berikut:

1. Membangun distribusi empiris $\hat{F}_n(x)$ dari suatu sampel dengan menempatkan probabilitas $1/n$ pada setiap x_i , dengan $i=1, 2, \dots, n$.
2. Mengambil sampel random sederhana berukuran n dengan pengambilan dari fungsi distribusi empiris $\hat{F}_n(x)$ sebanyak B kali. Hal ini dinamakan sebagai resampel dan disebut x_i^* . Sampel random dengan B ulangan dari (x_1, x_2, \dots, x_n) adalah:

$$\begin{bmatrix} x_{11}^* & x_{21}^* & \cdots & x_{n1}^* \\ x_{12}^* & x_{22}^* & \cdots & x_{n2}^* \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{1B}^* & x_{2B}^* & \cdots & x_{nB}^* \end{bmatrix}$$

Menurut Efron dan Tibshirani (1993), jumlah ulangan pada resampel bootstrap berkisar diantara nilai 25-200.

3. Menghitung statistik $\hat{\theta}$ yang diinginkan dari resampel yang disebut $\hat{\theta}_b^*$ sebanyak B kali.
4. Membangun distribusi empiris dari $\hat{\theta}_b^*$, dengan probabilitas masing-masing $1/B$ pada setiap $\hat{\theta}_1^*, \hat{\theta}_2^*, \dots, \hat{\theta}_B^*$. Distribusi ini adalah estimator distribusi sampling $\hat{\theta}$ dan disebut $\hat{F}^*(\hat{\theta}^*)$. Selanjutnya distribusi tersebut dapat digunakan untuk melakukan inferensi tentang $\hat{\theta}$.

Jika $\hat{\theta}$ merupakan mean (rata-rata) hasil resampel maka dapat ditentukan rata-rata dan variansi bootstrapnya yaitu:

$$\bar{\theta}^* = \frac{\sum_{i=1}^B \hat{\theta}_i^*}{B} \quad \text{dan} \quad \hat{V}^* = \frac{\sum_{i=1}^B (\hat{\theta}_i^* - \bar{\theta}^*)^2}{B-1}$$

Rata-rata dan variansi bootstrap ini nantinya digunakan untuk membuat plot waktu optimal aplikasi herbisida terhadap efikasi gulma berdasarkan rata-rata terbesar. (Efron dan Tibshirani, 1993)

2.2 Interval Konfidensi Bootstrap

Distribusi empiris $\hat{F}^*(\hat{\theta}_b^*)$ yang diperoleh dari hasil resampel bootstrap akan dikonstruksi menjadi interval konfidensi bootstrap persentil. Menurut Efron dan

Tibshirani (1993), langkah-langkah dalam mengkonstruksi interval konfidensi bootstrap persentil adalah sebagai berikut:

1. Melakukan algoritma bootstrap (sub bab 2.1) hingga terbentuk resampel bootstrap $\hat{\theta}_b^*$
2. Melakukan $\hat{F}^*(\hat{\theta}_b^*)$ fungsi distribusi empiris dari $\hat{\theta}_b^*$ dan tingkat konfidensi untuk θ dapat didefinisikan sebagai interval persentil adalah $(1-\alpha)$ maka interval konfidensi bootstrap persentil $(1-\alpha)$ untuk θ dapat didefinisikan sebagai:

$$\left(\hat{F}^{*-1}(\alpha/2), \hat{F}^{*-1}(1-\alpha/2)\right)$$

3. Nama persentil diambil dari fakta bahwa $\hat{F}^{*-1}(\alpha/2)$ adalah persentil ke- $100(\alpha)$ dan $\hat{F}^{*-1}(1-\alpha/2)$ merupakan persentil ke- $100(1-\alpha)$ dari $\hat{F}^*(\hat{\theta}_b^*)$ maka interval konfidensi bootstrap persentil $(1-\alpha)$ untuk θ dapat dinyatakan sebagai:

$$(\underline{\theta}_{BP}, \bar{\theta}_{BP}) = \left(\hat{F}^{*-1}(\alpha/2), \hat{F}^{*-1}(1-\alpha/2)\right)$$

dengan $\hat{F}^{*-1}(\alpha/2)$ adalah nilai ke- $(B(\alpha/2))$ dari data yang telah dibootstrap dan diurutkan dari yang terkecil hingga yang terbesar.

2.3 Cakupan Probabilitas

Cakupan probabilitas merupakan salah satu ukuran akurasi dari interval konfidensi yang menunjukkan perbandingan antara interval yang mungkin memuat parameter θ yang diestimasi dengan seluruh interval. Misalnya X_1, \dots, X_n adalah sampel random dari distribusi F dan $\theta = T(F)$ merupakan parameter yang diamati. Bila $C_n = C_n(X_1, \dots, X_n)$ adalah himpunan bagian dari \mathfrak{R} dan hanya tergantung pada X_1, \dots, X_n dan $P(\theta \in C_n) \geq 1 - \alpha$ dengan α konstan dan memenuhi $0 < \alpha < 1$ maka C_n disebut interval konfidensi untuk θ pada level $1 - \alpha$. Cakupan probabilitas dari C_n adalah :

$$P(\theta \in C_n) = \#(\text{batas bawah} < X_i < \text{batas atas})/B$$

Interval konfidensi $(1-\alpha)$ dikatakan eksak apabila mempunyai cakupan probabilitas yang konvergen ke harga nominalnya yaitu $1-\alpha$ untuk $n \rightarrow \infty$ (Shao dan Tu, 1995).

2.4 Fungsi Densitas Empirik

Jika $F(x)$ menyatakan fungsi distribusi kumulatif (CDF) dari variabel random X maka peluang suatu observasi sama dengan atau lebih kecil dari x adalah $P(X \leq x) = F(x)$. Karena fungsi densitas $f(x)$ didefinisikan sebagai turunan dari $F(x)$ maka dapat dituliskan sebagai :

$$f(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{2h} (F(x+h) - F(x-h))$$

Fungsi densitas ini dapat ditaksir dengan fungsi densitas empirik

$$\hat{f}(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{2h} (F^\sim(x+h) - F^\sim(x-h)) = \frac{1}{2nh} \cdot \#x$$

$\#x$ menyatakan banyaknya data yang berada dalam interval $(x-h, x+h)$

Jika didefinisikan fungsi kernel

$$K(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} & -1 < x \leq 1 \\ 0 & \text{yang lain} \end{cases}$$

Maka fungsi densitas empirik di atas dapat dituliskan sebagai :

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(x - X_i) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left[\frac{x - X_i}{h}\right]$$

(Santoso,R : 2008)

2.5 Estimasi Fungsi Densitas Kernel Epanechnikov

Estimasi fungsi densitas f dapat dilakukan melalui metode estimasi densitas kernel. Metode kernel merupakan metode yang paling umum digunakan. Secara umum kernel didefinisikan sebagai :

$$K_h(x) = \frac{1}{h} K\left(\frac{x}{h}\right)$$

dengan $K_h(x)$ merupakan fungsi kernel, K adalah jenis kernel yang digunakan, dan h merupakan lebar jendela (bandwidth).

Sedangkan estimator fungsi densitas kernel dinyatakan sebagai :

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(x - X_i) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left[\frac{x - X_i}{h}\right] \quad (1)$$

dengan X_i merupakan nilai variabel independen dalam data dan x adalah nilai variabel independen yang akan diestimasi. Pada studi kasus ini penulis menggunakan Kernel Epanechnikov dengan bentuk sebagai berikut:

$$K(x) = \frac{3}{4}(1 - x^2) I(|x| \leq 1)$$

dengan $I(|x| \leq 1)$ merupakan fungsi indikator yang bernilai 1 jika $|x| \leq 1$ dan 0 untuk yang lain.

Diasumsikan fungsi kernel memenuhi sifat-sifat:

1. $\int_{-\infty}^{\infty} K(x) dx = 1$ (fungsi densitas kontinu)
2. $\int_{-\infty}^{\infty} xK(x) dx = 0$ (terbatas)
3. $0 < \int_{-\infty}^{\infty} x^2 K(x) dx = c < \infty$ (bernilai real)
4. Simetris

Bandwidth (h) optimal digunakan untuk mengestimasi fungsi densitas dari data sehingga dapat diperoleh estimator fungsi densitas kernel yang mewakili fungsi densitas data yang sebenarnya. Bandwidth yang optimal adalah :

$$h = \left(\frac{\|K\|_2^2}{n\|f''\|_2^2 \left(\int_{-\infty}^{\infty} t^2 K(t) dt\right)^2} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Jika nilai h terlalu besar akan menyebabkan estimasi densitas menjadi terlalu mulus (*oversmoothing*) dan jika nilai h terlalu kecil akan menyebabkan estimasi densitas menjadi tidak mulus (*undersmoothing*). (Hardle:1990)

2.6 Pemilihan Perlakuan Terbaik yang Memaksimalkan Efikasi Herbisida

Perlakuan terbaik yang memaksimalkan efikasi herbisida harus memenuhi beberapa kriteria, antara lain:

- a. Rata-rata resampel bootstrap tertinggi
- b. Varian resampel bootstrap relatif kecil
- c. Rentang interval konfidensi terkecil
- d. Cakupan probabilitas mendekati $(1-\alpha)$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data yang diperoleh langsung dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh PT. SMART Tbk, Divisi SMART Research Institute. Data yang digunakan berupa data percobaan aplikasi herbisida tahun 2011 yang dilakukan di Kebun Ujung Tanjung, Region Siak, Provinsi Riau.

3.2 Variabel Penelitian

Perlakuan yang diterapkan pada simulasi ini adalah jenis dan dosis herbisida. Jumlah perlakuan sebanyak 16 berupa jenis dan dosis herbisida, ulangan sebanyak dua kali dengan tiga sampling point, dan waktu pengamatan adalah 2, 4, 8, 12 dan 16 minggu setelah aplikasi. Variabel respon yang diamati adalah persentase efikasi gulma tanaman kelapa sawit. Efikasi gulma adalah kemanjuran herbisida dalam menghilangkan gulma, yang diukur dengan banyaknya gulma yang mati akibat aplikasi herbisida. Persentase efikasi gulma diukur secara visual.

3.3 Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah estimasi densitas kernel untuk menentukan waktu optimal aplikasi herbisida pada tanaman kelapa sawit. Untuk mempermudah pengolahan data dalam penelitian ini, akan digunakan alat bantu berupa perangkat lunak (*software*) R 2.15.0 for Windows. Data dianalisis dengan langkah sebagai berikut :

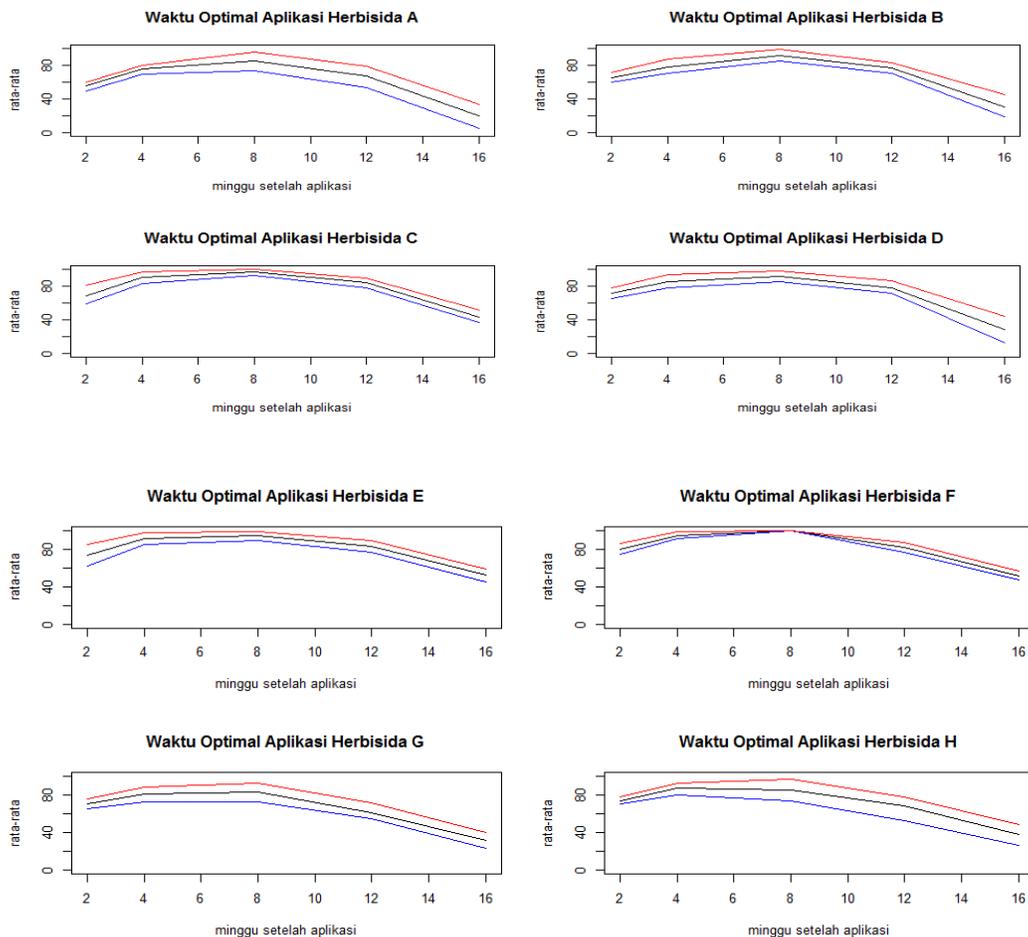
1. Pengambilan data sekunder.
2. Resampel data dengan metode bootstrap untuk masing-masing perlakuan per satuan waktu.
3. Menghitung rata-rata dan variansi resampel, interval konfidensi bootstrap persentil, rentang interval, dan cakupan probabilitas.
4. Membuat plot waktu optimal efikasi gulma untuk setiap perlakuan per satuan waktu.
5. Estimasi fungsi densitas Kernel Epanechnikov
6. Plot estimasi fungsi densitas kernel epanechnikov
7. Menentukan waktu optimal aplikasi herbisida berdasarkan rata-rata resampel tertinggi yang dilihat dari plot rata-rata resampel dan plot estimasi fungsi densitas kernel epanechnikov
8. Menentukan perlakuan optimal aplikasi herbisida berdasarkan rata-rata respon tertinggi, varian resampel kecil, rentang interval konfidensi terkecil, dan cakupan probabilitas mendekati $1-\alpha$.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

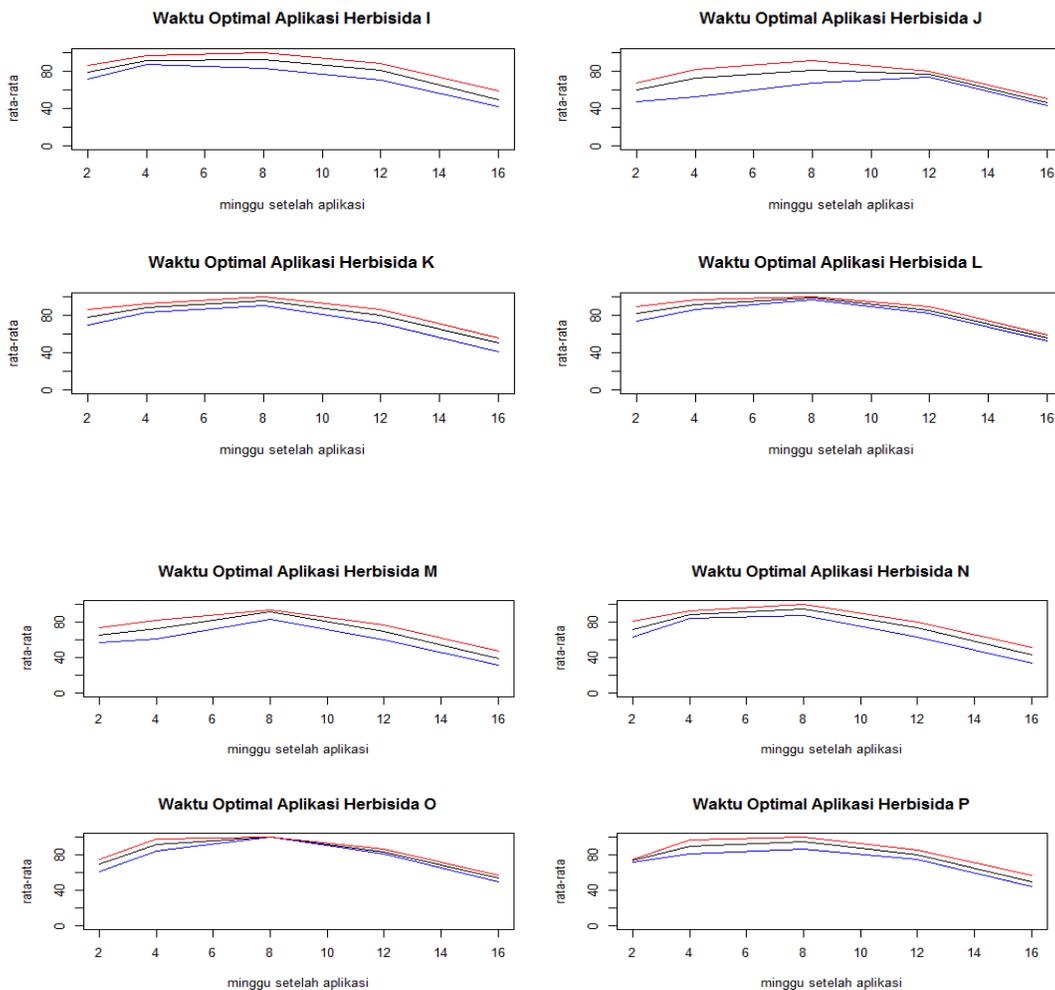
4.1 Resampel Data dengan Metode Bootstrap dan Plot Rata-Rata Resampel Bootstrap

Ukuran data efikasi gulma tanaman kelapa sawit yang diperoleh dari penelitian cukup kecil sehingga estimasi densitas kernel kurang akurat dan belum dapat mewakili densitas data sebenarnya. Diperlukan resampel dengan metode bootstrap untuk memperbesar ukuran data. Menurut Efron dan Tibshirani (1993), jumlah ulangan pada resampel bootstrap berkisar diantara nilai 25 – 200, sehingga peneliti memutuskan untuk mengambil ulangan resampel sebesar 200.

Resampel data efikasi gulma tanaman kelapa sawit dihitung dengan bantuan *software R 2.15.0 for Windows*. Dari setiap rata-rata resampel dan interval konfidensi bootstrap persentil variabel pengamatan, dapat dibuat plot untuk mengetahui waktu optimal aplikasi herbisida berdasarkan rata-rata resampel bootstrap terbesar. Plot waktu optimal tersebut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Plot Waktu Optimal Aplikasi Herbisida Kelapa Sawit Berdasarkan Rata-Rata Resampel Bootstrap Terbesar



Gambar 1 Plot Waktu Optimal Aplikasi Herbisida Kelapa Sawit Berdasarkan Rata-Rata Resampel Bootstrap Terbesar (Lanjutan)

Pada Gambar 1 garis hitam menyatakan rata-rata resampel bootstrap, garis biru menyatakan batas bawah interval konfidensi bootstrap persentil, dan garis merah menyatakan batas atas interval konfidensi bootstrap persentil. Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa rata – rata resampel bootstrap terbesar untuk semua variabel berada pada efikasi minggu ke-8 setelah aplikasi, karena persentase efikasi gulma terus meningkat hingga minggu ke-8 dan tidak ada peningkatan lagi setelah minggu ke-8. Kesimpulan yang diperoleh menunjukkan bahwa waktu optimal aplikasi herbisida pada tanaman kelapa sawit untuk variabel pengamatan efikasi gulma berdasarkan rata-rata resampel bootstrap terbesar adalah pada minggu ke-8 setelah aplikasi.

4.5 Estimasi Fungsi Densitas Kernel Epanechnikov

4.5.1 Pemilihan Bandwidth Optimal

Dalam estimasi fungsi densitas kernel, *bandwidth* (lebar jendela) merupakan parameter yang perlu diestimasi. Lebar jendela optimal digunakan untuk mengestimasi fungsi densitas dari data sehingga diperoleh estimator densitas kernel yang akan mewakili densitas data sebenarnya. Lebar jendela optimal diperoleh dengan meminimalkan *Asymtotic Mean Integrated Square Error (A-MISE)* terhadap h , yaitu $h_{opt} \approx n^{-\frac{1}{5}}$ (Hardle, 1990). Metode ini digunakan karena memberikan MSE terkecil dibandingkan metode lainnya. Data yang akan diestimasi adalah data yang berasal dari hasil resampel bootstrap, sehingga jika diketahui B adalah banyak ulangan resampel bootstrap yaitu diambil 200, maka dengan pendekatan lebar jendela optimal tersebut diperoleh $opt h$ untuk semua variabel adalah $h_{opt} \approx n^{-\frac{1}{5}} \approx (200)^{-\frac{1}{5}} \approx 0,34657$

4.5.2 Estimasi Fungsi Densitas Kernel Epanechnikov

Dari subbab 2.5, estimator densitas kernel dapat dinyatakan sebagai $\hat{f}_h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-X_i}{h}\right)$, dengan lebar jendela h . Karena data yang digunakan merupakan rata-rata hasil resampel bootstrap, maka fungsi densitas kernel menjadi $\hat{f}_{h,B}(\bar{x}^*) = \frac{1}{Bh} \sum_{i=1}^B K\left(\frac{\bar{x}^* - \bar{X}_i^*}{h}\right)$ dengan B adalah banyak ulangan resampel bootstrap yaitu 200, h merupakan lebar jendela (*bandwidth*), \bar{X}_i^* merupakan nilai variabel independen hasil rata-rata resampel bootstrap, \bar{x}^* adalah nilai variabel independen yang akan diestimasi dan K adalah fungsi kernel yang digunakan. Fungsi kernel yang digunakan adalah kernel Epanechnikov dengan bentuk

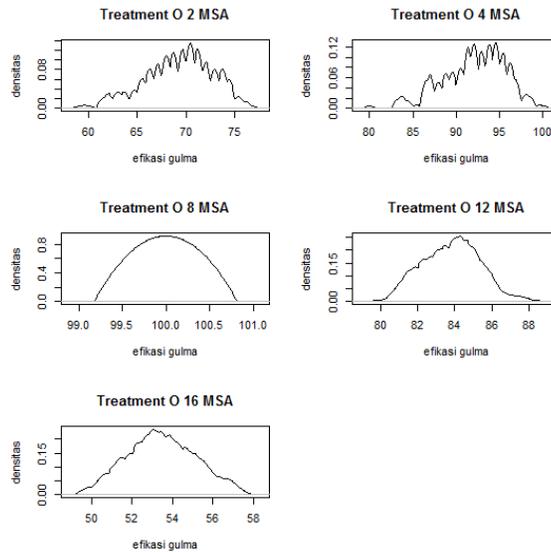
$$K(t) = \frac{3}{4}(1-t^2) I(|t| \leq 1) \text{ dengan } t = \frac{\bar{x}^* - \bar{X}_i^*}{h}.$$

Maka estimator fungsi densitas kernel Epanechnikov pada data persentase efikasi gulma adalah

$$\begin{aligned} \hat{f}_{h,B}(\bar{x}^*) &= \frac{1}{Bh} \sum_{i=1}^B \left(\frac{3}{4} \left(1 - \left(\frac{\bar{x}^* - \bar{X}_i^*}{h} \right)^2 \right) I \left(\left| \frac{\bar{x}^* - \bar{X}_i^*}{h} \right| \leq 1 \right) \right) \\ &= \frac{1}{200(0,34657)} \sum_{i=1}^{200} \left(\frac{3}{4} \left(1 - \left(\frac{\bar{x}^* - \bar{X}_i^*}{0,34657} \right)^2 \right) I \left(\left| \frac{\bar{x}^* - \bar{X}_i^*}{0,34657} \right| \leq 1 \right) \right) \\ &= \frac{1}{69,314} \sum_{i=1}^{200} \left(\frac{3}{4} \left(1 - \left(\frac{\bar{x}^* - \bar{X}_i^*}{0,34657} \right)^2 \right) I \left(\left| \frac{\bar{x}^* - \bar{X}_i^*}{0,34657} \right| \leq 1 \right) \right) \end{aligned}$$

4.6 Plot Estimasi Fungsi Densitas Kernel Epanechnikov

Plot estimasi fungsi densitas menggunakan kernel Epanechnikov dapat diperoleh dengan bantuan *software R 2.15.0 for Windows*.



Gambar 2 Plot Estimasi Fungsi Densitas Kernel Epanechnikov untuk Perlakuan O

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa rata-rata efikasi gulma dari pengamatan minggu ke-2 sampai ke-16 berjalan dari kiri ke kanan semakin besar, kemudian tidak mengalami peningkatan lagi setelah pengamatan minggu ke-8. Kesimpulan yang diperoleh dari Gambar 2 menunjukkan bahwa waktu optimal aplikasi herbisida untuk menutup gulma tanaman kelapa sawit adalah pada minggu ke-8 setelah aplikasi.

4.7 Waktu Optimal Aplikasi Herbisida

Hasil yang diperoleh dari rata-rata resampel bootstrap, plot waktu optimal berdasarkan rata-rata resampel bootstrap pada Gambar 1 dan plot estimasi fungsi densitas menggunakan kernel Epanechnikov pada Gambar 2 menunjukkan kesimpulan yang sama. Kesimpulan yang diperoleh menunjukkan bahwa waktu optimal aplikasi herbisida untuk tanaman kelapa sawit adalah adalah 8 minggu setelah penyemprotan herbisida.

4.8 Perlakuan Yang Mengoptimalkan Persentase Efikasi Gulma Tanaman Kelapa Sawit

Perlakuan yang mengoptimalkan aplikasi herbisida untuk menghasilkan efikasi gulma tanaman kelapa sawit adalah perlakuan yang dapat memaksimalkan persentase efikasi gulma secara keseluruhan dan dapat ditentukan dengan membandingkan interval konfidensi yang menghasilkan rata-rata efikasi tinggi, variansi terkecil, mempertimbangkan nilai cakupan probabilitas yang mendekati nilai yaitu 0,95 dan rentang interval konfidensi yang sempit. Rata-rata, variansi, interval konfidensi, rentang dan cakupan probabilitas efikasi gulma untuk waktu optimal (8 minggu setelah penyemprotan) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan Interval Konfidensi Bootstrap Persentil, Cakupan Probabilitas dan Rentang Interval Konfidensi Persentase Efikasi Gulma Minggu Ke-8

Treatment	Mean	Varian	Batas Bawah	Batas Atas	Rentang Interval	Cakupan Probabilitas
A	84,5625	32,8862	73,3125	95,0208	21,7083	0,95
B	91,2750	12,1713	84,9583	96,6667	11,7083	0,88
C	96,4833	3,8188	93,3333	100,0000	6,6667	0,81
D	91,7083	15,1434	83,3333	98,3333	15,0000	0,91
E	94,2542	6,4307	89,1667	98,3333	9,1666	0,88
F	99,9746	0,0000	99,9617	99,9883	0,0267	0,93
G	82,5583	23,4123	72,5000	91,6667	19,1667	0,94
H	85,7667	40,4548	73,3125	96,6667	23,3542	0,94
I	91,7750	14,7705	83,3333	98,3333	15,0000	0,91
J	80,7708	44,4440	66,6458	92,5208	25,8750	0,95
K	95,7708	6,3717	90,8333	100,0000	9,1667	0,87
L	99,1750	0,5653	97,5000	100,0000	2,5000	0,60
M	90,4250	17,2947	82,5000	96,7083	14,2083	0,95
N	94,1792	11,4425	87,4792	100,0000	12,5208	0,89
O	99,9980	0,0000	99,9948	99,9999	0,0051	0,95
P	94,9333	14,0310	86,6458	100,0000	13,3542	0,90

Sehingga, perlakuan yang mengoptimalkan persentase efikasi gulma adalah perlakuan O (Tricalon 318 EC-1500cc).

5. KESIMPULAN

Dari analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Waktu optimal aplikasi herbisida berdasarkan plot rata-rata bootstrap dan plot densitas Kernel Epanechnikov adalah 8 minggu setelah aplikasi.
2. Perlakuan yang mengoptimalkan efikasi gulma adalah perlakuan O (Tricalon 318 EC-1500cc), karena memiliki rata-rata resampel bootstrap terbesar, variansi terkecil, rentang interval konfidensi terkecil, dan cakupan probabilitas sama dengan $1-\alpha$.

DAFTAR PUSTAKA

- Edward, S. (2007). *Pengaruh Kepuasan Kerja dan Komitmen Karyawan Pemanen Terhadap Produktifitas Kerja di PT. Indosawit Subur Pangkalan Kerinci*. Jurnal Tepak Manajerial Magister Manajemen UNRI Vol.7 No.7 Maret 2007. Riau: UNRI
- Efron, B. and Tibshirani R. J. (1993). *An Introduction to the Bootstraps*. New York: Chapman and Hall Inc.
- Hardle, W. (1990). *Smoothing Technique with Implementation in S*. New York: Springer Verlag
- Santoso, R. (2008). *Grafik Pengendali Non Parametrik Empirik*. Media Statistika. (Online), Jilid 1, No. 2, (http://ejournal.undip.ac.id/index.php/media_statistika/article/view/2607, diakses pada 16 Mei 2012)
- Shao, J. and D. Tu . (1995). *The Jackknife and Bootstrap*. Springer Verlag New York Inc, New York.