

Penerapan Analisis Regresi Nonlinear Kuadratik Terhadap Pengujian Toksisitas (LD₅₀) Biopestisida *Crude Extract* Tembakau Pada Kutu Daun Hijau (*Aphis Gossypii*)

Qurrotu A'yun Nafidah¹, Dr.Suci Astutik, S.Si., M.Si.², Susi Wuryantini, S.P., M.P.³

^{1,2}Jurusan Statistika, Universitas Brawijaya

³Divisi Hama dan Penyakit Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika
qnafidah@gmail.com, suci_sp@ub.ac.id, susi_wur@yahoo.com

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 21 Oktober 2019
Direvisi: 18 November 2019
Diterbitkan: 15 Januari 2020

Kata Kunci:

Analisis Regresi
Analisis Regresi Nonlinear
LD₅₀
Uji Toksisitas
Aphis gossypii

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara tingkat pemberian dosis Biopestisida *Crude Extract* Tembakau dengan persen kematian hama Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*) pada tanaman jeruk, sehingga dapat dilakukan pendugaan tingkat toksisitas dosis yang efektif (LD₅₀) dalam mematikan hama. Metode analisis yang tepat digunakan pada permasalahan ini adalah analisis regresi nonlinear kuadratik. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dengan variabel responnya adalah persen kematian dari hama Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*) yang disebabkan oleh pemberian dosis uji Biopestisida *Crude Extract* Tembakau. Penelitian ini dilakukan di laboratorium entomologi Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (BALITJESTRO) Kota Batu. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat dosis Biopestisida *Crude Extract* Tembakau memiliki hubungan nonlinear (kuadratik) dengan persen kematian hama Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*) pada tanaman jeruk. Dari hasil analisis menggunakan metode analisis regresi kuadratik, didapatkan informasi diantaranya tingkat dosis Biopestisida *Crude Extract* Tembakau yang efektif untuk mematikan 50% Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*) dalam jangka waktu 24 jam adalah sebesar 2.46%; dalam jangka waktu 48 jam adalah sebesar 0.76%; dan dalam jangka waktu 72 jam adalah sebesar 0.73%.

Copyright © 2019 SIMANIS.
All rights reserved.

Korespondensi:

Qurrotu A'yun Nafidah,
Jurusan Statistika,
Universitas Brawijaya,
Jl. Veteran Malang, Jawa Timur, Indonesia 65145
qnafidah@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Statistika adalah ilmu yang mempelajari bagaimana merencanakan, mengumpulkan, menganalisis, menginterpretasi, dan mempresentasikan data. Statistika banyak diterapkan dalam berbagai disiplin ilmu, baik ilmu-ilmu alam (misalnya astronomi dan biologi) ilmu-ilmu sosial (termasuk sosiologi dan psikologi), maupun di bidang bisnis, ekonomi, dan industri. Salah satu metode analisis yang dapat digunakan dalam bidang statistika adalah Analisis Regresi. Analisis regresi adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang apa yang paling mungkin terjadi di masa yang akan datang berdasarkan informasi yang sekarang dimiliki agar memperkecil kesalahan. Persamaan matematik yang memungkinkan untuk meramalkan nilai-nilai suatu

peubah tak bebas dari nilai-nilai satu atau lebih peubah prediktor disebut dengan persamaan regresi^[1]. Dalam analisis regresi terdapat dua macam variabel, yaitu variabel prediktor dan variabel respon. Nilai dari suatu variabel dapat diprediksi dari variabel lain apabila variabel tersebut memiliki hubungan atau korelasi yang signifikan. Korelasi antara variabel prediktor dan variabel respon dapat digambarkan dalam satu garis, yaitu garis regresi. Garis regresi dapat berupa garis lurus (linear) ataupun garis lengkung (nonlinear).

Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (BALITJESTRO) adalah salah satu Unit Pelaksanaan Teknis (UPT) penelitian dan pengembangan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian yang berada di bawah dan bertanggungjawab langsung kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura.

Tanaman jeruk menjadi komoditas buah unggulan nasional karena memiliki nilai ekonomi tinggi, adaptasinya sangat luas, sangat populer dan digemari hampir seluruh lapisan masyarakat, serta nilai impornya cenderung meningkat. Kunci sukses usaha tani jeruk tidak hanya bergantung pada bibit unggul, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh pemilihan lokasi, penyiapan lahan dan pemeliharaan tanaman. Salah satu aspek yang sangat penting pada proses pemeliharaan tanaman adalah pengendalian hama penyakit. Serangan hama khususnya Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*) dapat menyebabkan turunnya produksi buah jeruk. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian hama Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*), salah satunya dengan cara pemberian Biopestisida *Crude Extract* Tembakau. Namun, terdapat kendala dalam menentukan dosis Biopestisida yang efektif dalam mematikan hama.

Berdasarkan ulasan diatas, penulis ingin mengetahui tentang hubungan antara tingkat pemberian dosis Biopestisida *Crude Extract* Tembakau dengan persen kematian hama Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*) pada tanaman jeruk, sehingga dapat dilakukan pendugaan tingkat toksisitas dosis yang efektif (LD_{50}) dalam mematikan hama.

2. METODE PENELITIAN

Analisis yang digunakan dalam permasalahan ini adalah analisis regresi nonlinear model kuadrat. Dalam sebuah penelitian terdapat kemungkinan bahwa garis regresi yang dihasilkan tidak memiliki bentuk garis lurus, melainkan garis lengkung yang disebut regresi nonlinear. Apabila data pada variabel respon dan variabel prediktor disajikan dengan diagram garis, kemudian dihasilkan garis yang mengikuti suatu bentuk kurva tertentu, maka analisis regresi yang cocok untuk menerangkan hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon tersebut adalah analisis regresi nonlinear. Terdapat beberapa jenis model regresi nonlinear, salah satunya adalah model polinomial, yaitu model regresi nonlinear yang dibentuk dengan menjumlahkan pengaruh masing-masing variabel prediktor yang dipangkatkan secara meningkat hingga orde ke- k . Model regresi polinomial yang memiliki orde dua disebut dengan model regresi polinomial kuadrat. Bentuk persamaan matematis model regresi polinomial kuadrat secara umum adalah sebagai berikut^[2]:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

di mana :

- i : 1, 2, ..., n
- Y_i : variabel respon pada pengamatan ke- i
- β_0 : parameter intersep
- β_1 dan β_2 : parameter slope
- X_i : variabel prediktor pada pengamatan ke- i
- ε_i : sisaan pada pengamatan ke- i

Pada kasus regresi nonlinear, tidak dibutuhkan pengujian asumsi normalitas sisaan. Pengujian asumsi yang dibutuhkan pada regresi nonlinear adalah bahwa data dapat direpresentasikan dengan baik oleh model^[3].

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dengan variabel responnya adalah persen kematian dari hama Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*) yang disebabkan oleh pemberian dosis uji Biopestisida *Crude Extract* Tembakau. Pengujian toksisitas dilakukan di laboratorium entomologi Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (BALITJESTRO) Kota Batu. Dikutip dari Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2014, pengertian dari uji toksisitas adalah suatu uji untuk mendeteksi efek toksik suatu zat pada sistem biologi dan untuk memperoleh data dosis respon yang khas dari sediaan uji. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk memberikan informasi mengenai derajat bahaya sediaan uji tersebut bila terjadi pemaparan pada makhluk hidup, sehingga dapat ditentukan dosis penggunaannya demi keamanan makhluk hidup^[4].

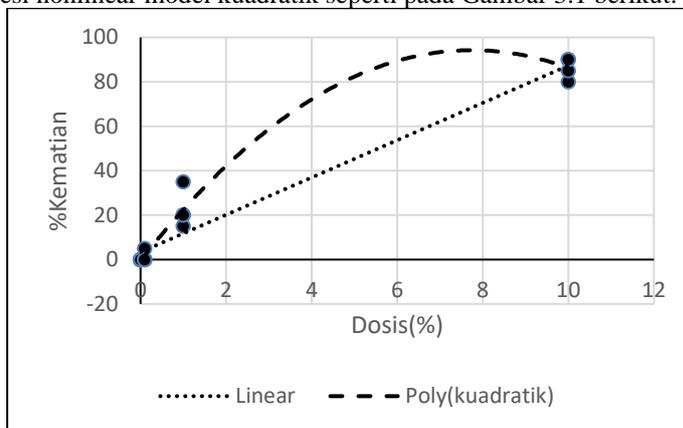
Pengamatan dilakukan dengan lima perlakuan, yaitu pemberian dosis Biopestisida *Crude Extract* Tembakau mulai dari 0%, 0.01%, 0.1%, 1%, dan 10%. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak empat kali ulangan. Jumlah serangga uji (hama Kutu Daun Hijau) untuk setiap ulangannya adalah 20 serangga uji, sehingga setiap perlakuan terdapat 80 serangga yang diamati.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan hasil analisis regresi dan pembahasan uji toksisitas pada data pengamatan selama 24 jam, 48 jam, dan 72 jam.

3.1. Hasil Analisis dan Pembahasan pada Data Pengamatan 24 Jam

Data pengamatan uji toksisitas selama 24 jam dapat disajikan dengan dua jenis garis regresi, yaitu regresi linear dan regresi nonlinear model kuadratik seperti pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Plot data antara tingkat dosis dengan persen kematian hama

Sehingga terdapat dua kemungkinan model regresi bagi data pengamatan selama 24 jam. Untuk menentukan model regresi yang terbaik bagi data, maka dilakukan perhitungan R^2 , $R^2_{Adjusted}$, dan S pada setiap model. Model regresi terbaik merupakan model yang memiliki nilai $R^2_{Adjusted}$ terbesar dan nilai S terkecil. Dari Tabel 3.1 dapat diketahui bahwa model regresi yang memiliki nilai $R^2_{Adjusted}$ terbesar dan nilai S terkecil adalah model regresi nonlinear (kuadratik). Sehingga model regresi kuadratik merupakan model yang terbaik bagi data pengamatan selama 24 jam.

Tabel 3.1 Daftar statistik kriteria model terbaik

Statistik	Model Regresi	
	Linear	Nonlinear (kuadratik)
S	7.10	4.31
R^2 (%)	96.0	98.6
$R^2_{Adjusted}$ (%)	95.7	98.4

Setelah diketahui model regresi yang terbaik, selanjutnya dilakukan perhitungan ANOVA (*Analysis of Variance*) sehingga diperoleh p -value untuk uji model regresi. Berdasarkan Tabel 3.2 diperoleh p -value dari model regresi kuadratik kurang dari taraf signifikansi ($\alpha=0.05$). Sehingga keputusannya adalah tolak H_0 , yang artinya model regresi kuadratik dapat diaplikasikan pada data pengamatan 24 jam.

Tabel 3.2 ANOVA untuk model regresi kuadratik

Source	DF	Sum Square	Mean Square	F_0	P -value
Regression	2	22104	11052	595.28	0.000
Error	17	316	19		
Total	19	22420			

Selanjutnya dilakukan pemeriksaan parameter-parameter model secara parsial. Dalam Tabel 3.3, diperoleh hasil p -value dari kedua parameter (β_1 dan β_2) kurang dari taraf signifikansi ($\alpha=0.05$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua parameter secara statistik harus ada dalam model regresi kuadratik.

Tabel 3.3 Hasil uji signifikansi parameter model regresi kuadratik

Parameter	$\hat{\beta}_i$	$SE(\hat{\beta}_i)$	t_0	P -value
β_0	-0.45	1.297	-0.35	0.734
β_1	24.4	2.857	8.56	0.000

β_2	-1.58	0.2798	-5.64	0.000
-----------	-------	--------	-------	-------

Dari Tabel 3.3 juga diperoleh nilai duga parameter dari model regresi kuadratik, sehingga model regresi kuadratik untuk data pengamatan selama 24 jam dapat dituliskan sesuai dengan persamaan (2.1) seperti berikut :

$$\hat{Y} = -0.45 + 24.4X - 1.58X^2 \tag{3.1}$$

atau

$$Persen\ Kematian = -0.45 + 24.4Dosis - 1.58Dosis^2$$

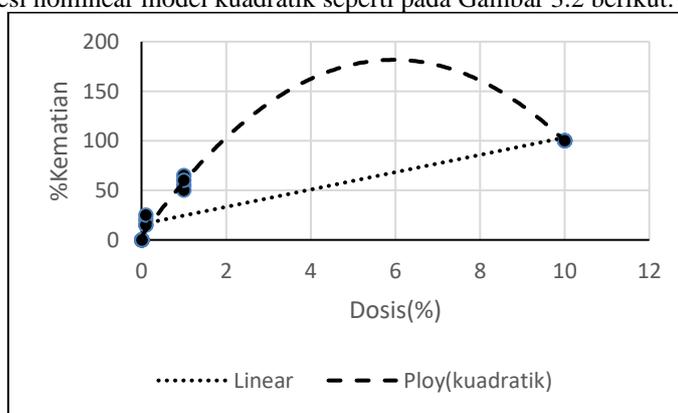
Dari persamaan tersebut, dapat diperoleh dosis yang dapat mematikan 50% hama dengan cara melakukan substitusi nilai $\hat{Y} = 50$ seperti berikut :

$$\begin{aligned} 50 &= -0.45 + 24.4X - 1.58X^2 \\ -0.45 + 24.4X - 1.58X^2 - 50 &= 0 \\ -1.58X^2 + 24.4X - 50.45 &= 0 \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan perhitungan sedemikian hingga diperoleh nilai $X = 2.46$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai LD₅₀ pada pengamatan selama 24 jam adalah sebesar 2.46%.

3.2. Hasil Analisis Data Pengamatan 48 Jam

Data pengamatan uji toksisitas selama 48 jam dapat disajikan dengan dua jenis garis regresi, yaitu regresi linear dan regresi nonlinear model kuadratik seperti pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Plot data antara tingkat dosis dengan persen kematian hama

Sehingga terdapat dua kemungkinan model regresi bagi data pengamatan selama 48 jam. Untuk menentukan model regresi yang terbaik bagi data, maka dilakukan perhitungan R^2 , $R^2_{Adjusted}$, dan S pada setiap model. Model regresi terbaik merupakan model yang memiliki nilai $R^2_{Adjusted}$ terbesar dan nilai S terkecil. Dari Tabel 3.4 dapat diketahui bahwa model regresi yang memiliki nilai $R^2_{Adjusted}$ terbesar dan nilai S terkecil adalah model regresi nonlinear (kuadratik). Sehingga model regresi kuadratik merupakan model yang terbaik bagi data pengamatan selama 48 jam.

Tabel 3.4 Daftar statistik kriteria model terbaik

Statistik	Model Regresi	
	Linear	Nonlinear (kuadratik)
S	21.06	5.56
R^2 (%)	74.2	98.3
$R^2_{Adjusted}$ (%)	72.7	98.1

Setelah diketahui model regresi yang terbaik, selanjutnya dilakukan perhitungan ANOVA (*Analysis of Variance*) sehingga diperoleh p -value untuk uji model regresi. Berdasarkan Tabel 3.5 diperoleh p -value dari model regresi kuadratik kurang dari taraf signifikansi ($\alpha=0.05$). Sehingga keputusannya adalah tolak H_0 , yang artinya model regresi kuadratik dapat diaplikasikan pada data pengamatan 48 jam.

Tabel 3.5 ANOVA untuk model regresi kuadratik

Source	DF	Sum Square	Mean Square	F_0	P -value
Regression	2	30377	15188	491.18	0.000
Error	17	526	31		

Total	19	30902			
-------	----	-------	--	--	--

Selanjutnya dilakukan pemeriksaan parameter-parameter model secara parsial. Dalam Tabel 3.6, diperoleh hasil p -value dari kedua parameter (β_1 dan β_2) kurang dari taraf signifikansi ($\alpha=0.05$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua parameter secara statistik harus ada dalam model regresi kuadratik.

Tabel 3.6 Hasil uji signifikansi parameter model regresi kuadratik

Parameter	$\hat{\beta}_i$	$SE(\hat{\beta}_i)$	t_0	P -value
β_0	3.56	1.674	2.13	0.048
β_1	65.7	3.687	17.82	0.000
β_2	-5.61	0.3610	-15.53	0.000

Dari Tabel 3.6 juga diperoleh nilai duga parameter dari model regresi kuadratik, sehingga model regresi kuadratik untuk data pengamatan selama 48 jam dapat dituliskan sesuai dengan persamaan (2.1) seperti berikut :

$$\hat{Y} = 3.56 + 65.7X - 5.16X^2 \quad (3.2)$$

atau

$$\text{Persen Kematian} = 3.56 + 65.7\text{Dosis} - 5.16\text{Dosis}^2$$

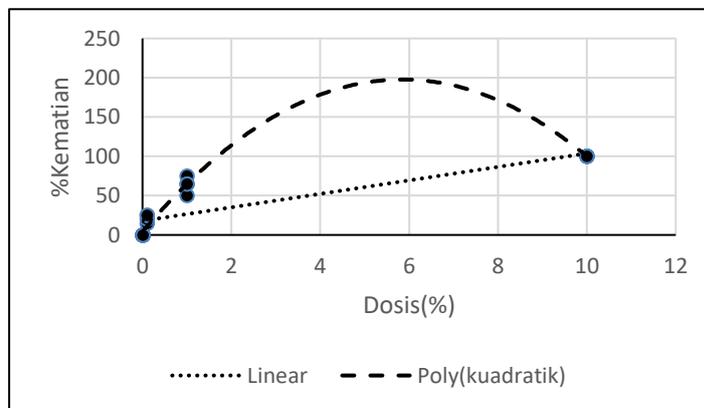
Dari persamaan tersebut, dapat diperoleh dosis yang dapat mematikan 50% hama dengan cara melakukan substitusi nilai $\hat{Y} = 50$ seperti berikut :

$$\begin{aligned} 50 &= 3.56 + 65.7X - 5.16X^2 \\ 3.56 + 65.7X - 5.16X^2 - 50 &= 0 \\ -5.16X^2 + 65.7X - 46.44 &= 0 \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan perhitungan sedemikian hingga diperoleh nilai $X = 0.76$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai LD_{50} pada pengamatan selama 48 jam adalah sebesar 0.76%.

3.3. Hasil Analisis Data Pengamatan 72 Jam

Data pengamatan uji toksisitas selama 72 jam dapat disajikan dengan dua jenis garis regresi, yaitu regresi linear dan regresi nonlinear model kuadratik seperti pada Gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.3 Plot data antara tingkat dosis dengan persen kematian hama

Sehingga terdapat dua kemungkinan model regresi bagi data pengamatan selama 72 jam. Untuk menentukan model regresi yang terbaik bagi data, maka dilakukan perhitungan R^2 , $R^2_{Adjusted}$, dan S pada setiap model. Model regresi terbaik merupakan model yang memiliki nilai $R^2_{Adjusted}$ terbesar dan nilai S terkecil. Dari Tabel 3.7 dapat diketahui bahwa model regresi yang memiliki nilai $R^2_{Adjusted}$ terbesar dan nilai S terkecil adalah model regresi nonlinear (kuadratik). Sehingga model regresi kuadratik merupakan model yang terbaik bagi data pengamatan selama 72 jam.

Tabel 3.7 Daftar statistik kriteria model terbaik

Statistik	Model Regresi	
	Linear	Nonlinear (kuadratik)
S	21.86	7.65
R^2 (%)	72.3	96.8

$R^2_{Adjusted} (%)$	70.8	96.4
----------------------	------	------

Setelah diketahui model regresi yang terbaik, selanjutnya dilakukan perhitungan ANOVA (*Analysis of Variance*) sehingga diperoleh p -value untuk uji model regresi. Berdasarkan Tabel 3.8 diperoleh p -value dari model regresi kurang dari taraf signifikansi ($\alpha=0.05$). Sehingga keputusannya adalah tolak H_0 , yang artinya model regresi kuadratik dapat diaplikasikan pada data pengamatan 72 jam.

Tabel 3.8 ANOVA untuk model regresi kuadratik

Source	DF	Sum Square	Mean Square	F_0	P-value
Regresion	2	30074	15037	256.61	0.000
Error	17	996	59		
Total	19	19			

Selanjutnya dilakukan pemeriksaan parameter-parameter model secara parsial. Dalam Tabel 3.9, diperoleh hasil p -value dari kedua parameter (β_1 dan β_2) kurang dari taraf signifikansi ($\alpha=0.05$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua parameter secara statistik harus ada dalam model regresi kuadratik.

Tabel 3.9 Hasil uji signifikansi parameter model regresi kuadratik

Parameter	$\hat{\beta}_i$	$SE(\hat{\beta}_i)$	t_0	P-value
β_0	4.32	2.304	1.87	0.078
β_1	66.2	5.076	13.04	0.000
β_2	-5.66	0.497	-11.39	0.000

Dari Tabel 3.9 juga diperoleh nilai duga parameter dari model regresi kuadratik, sehingga model regresi kuadratik untuk data pengamatan selama 72 jam dapat dituliskan sesuai dengan persamaan (2.1) seperti berikut :

$$\hat{Y} = 4.32 + 66.2X - 5.66X^2 \quad (3.3)$$

atau

$$\text{Persen Kematian} = 4.32 + 66.2\text{Dosis} - 5.66\text{Dosis}^2$$

Dari persamaan tersebut, dapat diperoleh dosis yang dapat mematikan 50% hama dengan cara melakukan substitusi nilai $\hat{Y} = 50$ seperti berikut :

$$\begin{aligned} 50 &= 4.32 + 66.2X - 5.66X^2 \\ 4.32 + 66.2X - 5.66X^2 - 50 &= 0 \\ -5.66X^2 + 66.2X - 45.68 &= 0 \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan perhitungan sedemikian hingga diperoleh nilai $X = 0.73$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai LD_{50} pada pengamatan selama 72 jam adalah sebesar 0.73%.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis regresi dan pembahasan uji toksisitas, dapat disimpulkan bahwa tingkat dosis Biopestisida *Crude Extract* Tembakau memiliki hubungan nonlinear (kuadratik) dengan persen kematian hama Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*) pada tanaman jeruk, sehingga dapat dilakukan pendugaan tingkat pemberian dosis yang efektif (LD_{50}) dalam mematikan hama.

Dari hasil analisis menggunakan metode analisis regresi nonlinear didapatkan informasi, diantaranya tingkat dosis Biopestisida *Crude Extract* Tembakau yang efektif untuk mematikan 50% populasi Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*) dalam jangka waktu 24 jam adalah sebesar 2.46%; tingkat dosis Biopestisida *Crude Extract* Tembakau yang efektif untuk mematikan 50% populasi Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*) dalam jangka waktu 48 jam adalah sebesar 0.76%; dan tingkat dosis Biopestisida *Crude Extract* Tembakau yang efektif untuk mematikan 50% populasi Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*) dalam jangka waktu 72 jam adalah sebesar 0.73%.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang hingga saat ini masih memberikan nikmat iman dan kesehatan, sehingga penulis diberi kesempatan yang luar biasa untuk menyelesaikan penelitian dengan judul "Penerapan Analisis Regresi Nonlinear Kuadratik terhadap Pengujian Toksisitas (LD_{50}) Biopestisida *Crude Extract* Tembakau pada Kutu Daun Hijau (*Aphis gossypii*)". Shalawat serta salam tidak lupa selalu dihaturkan untuk Nabi Muhammad SAW yang telah menyampaikan petunjuk dari Allah SWT.

Rasa terima kasih disampaikan kepada Ibu Dr. Suci Astutik, S.Si., M.Si. selaku Dosen di Jurusan Statistika Universitas Brawijaya dan Ibu Susi Wuryantini, S.P., M.P. dari Divisi Hama dan Penyakit Tanaman di Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika yang telah memberikan bimbingan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga penelitian ini bermanfaat dalam meningkatkan pengetahuan sekaligus wawasan terkait penerapan analisis regresi nonlinear pada pengujian toksisitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Walpole, R.E, 1993. *Pengantar Statistika Edisi ke-3*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. 1989. *Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik*. Jakarta : Gramedia.
- [3] Hintze, J. L. 2007. *NCSS User's Guide I*. Kausville, Utah.
- [4] Berita Negara Republik Indonesia. 2014. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2014 Tentang Pedoman Uji Toksisitas Nonklinik Secara In Vivo. Jakarta : Sekretariat Negara.