

The Mathematical Model of Relationship Between Population of Pod Sucking Bug *Nezara viridula* L. and Soybean Pod Damage

Achmadi Susilo^{1*}

¹Agrotechnology Study Program, Faculty of Agriculture,
Wijaya Kusuma University Surabaya, Indonesia
Email: achmadisusilo@uwks.ac.id

ABSTRACT

The aims of this research are : (1) to predict the damage of soybean pod through the mathematical model of relationship between population density of *N. viridula* and pod damage, (2) to predict the soybean yield through the mathematical model of relationship between population density of *N. viridula* and pod damage where made by modification of Reynolds Transport Theorem. This research was used Completely Randomized Design with nine treatments and each was replicated three times. The treatment were : P0 = control, P1 = 1 nymph, P2 = 2 nymphs, P3 = 3 nymphs, P4 = 4 nymphs, P5 = 1 adult, P6 = 2 adults, P7 = 3 adults, and P8 = 4 adults. The population density of pod sucking bug was the independent variable, while dependent variables were : rate of pod damage, and dry pod weigh. Analysis of mathematical modeling was made by approaching of Continuum Theory and Reynolds Transport Theorem. The results showed that : (1) Relationship between population of *N. viridula* and pod damages in the form of mathematical model which is used to predict the soybean pod damage has error 0,02 – 0,10%, and (2) Mathematical model where made by modification of Reynolds Transport Theorem which is used to predict the soybean yield has error 0,01 – 1,00%.

Keywords: Soybean Yield, Pod Damage, Mathematical Model, *N. viridula*, Pod Sucking Population.

1. Pendahuluan

Kepik hijau (*Nezara viridula*) merupakan salah satu hama utama perusak polong kedelai (Arifin, 1997; Bryant et al., 2023). Kepik hijau dikenal sebagai serangga kosmopolit dan polifag, tanaman inangnya adalah jenis tanaman kacang-kacangan (Bhattarai et al., 2017; Permadi et al., 2018). Serangan pada tanaman kedelai mulai nampak pada umur 51 hari setelah tanam (HST). Kerusakan polong dan biji akibat serangan hama ini dapat mencapai 51,7 %, dan menyebabkan produksi kedelai rendah (Bahrun et al., 2019).

Kepik hijau termasuk kelompok pengisap polong biasanya menyerang kedelai secara bersamaan dengan dua jenis pengisap polong lainnya, yaitu kepek coklat *Riptortus linearis*. dan kepek coklat pucat *Piezodorus spp* (Suharsono, 1997). Akibat serangan hama ini, maka polong dan biji kempis, polong gugur, biji keriput, biji hitam membusuk, adanya bercak hitam pada biji, atau biji berlubang. Akibat lebih lanjut daya tumbuh biji akan menurun produksi kedelai menjadi rendah (Bayu & Tengkano, 2014).

Tindakan untuk mengendalikan hama pengisap polong hingga saat ini masih mengandalkan insektisida, namun belum berhasil dengan baik dan kehilangan hasil masih cukup tinggi (Nurkartika et al., 2017). bahkan dapat mencapai 80% sampai puso jika tidak dilakukan pengendalian (Manurung, 2015). Penggunaan bahan kimia berdampak negatif menyebabkan kerusakan lingkungan karena petani tidak menggunakan pestisida sesuai dengan anjuran, doses, maupun frekuensi diantaranya menyebabkan terjadinya resistensi

insektisida terhadap serangga hama (Samosir et al., 2015). Untuk itu perlu upaya pengendalian yang ramah lingkungan dengan insektisida botani (Hendriwal et al., 2013). Kegagalan pengendalian ini seringkali disebabkan oleh kurangnya pemahaman mengenai aspek bioekologi serangga hama seperti penentuan stadia hama yang paling merusak tanaman, hubungan antara kepadatan populasi dengan kerusakan tanaman dan hubungan antara populasi hama dengan hasil tanaman. Pola hubungan antara kepekaan tanaman terhadap kerusakan dan kehilangan hasil akibat serangan hama merupakan suatu pola hubungan antar komponen ekosistem yang kompleks, rumit dan dinamis (Higley, 1992). Apabila pola hubungan tersebut telah diketahui dapat digunakan untuk menentukan waktu yang tepat saat aplikasi insektisida guna mencegah kehilangan hasil akibat serangan hama.

Mengingat kerumitan susunan dan interaksi ekosistem maka untuk memudahkan analisisnya dibutuhkan model-model yang dapat menggambarkan keadaan ekosistem yang sebenarnya. Bila bentuk hubungan ini diketahui dengan baik, maka dapat disusun menjadi suatu persamaan matematik untuk menjabarkan berbagai asumsi yang ada. Kegunaan model ini dalam pengelolaan hama amat penting dan banyak dimanfaatkan untuk mengendalikan beberapa hama penting terutama di negara-negara maju, namun di Indonesia hingga saat ini masih belum banyak dikembangkan.

Untuk kepentingan analisis pendugaan kehilangan hasil, beberapa peneliti berusaha untuk mengkuantitatifkan pengaruh populasi hama terhadap kerusakan tanaman dan hasil, serta memformulasikan hubungan tersebut dalam bentuk model matematika (Higley, 1992). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis hubungan populasi hama dengan kerusakan tanaman, adalah model matematika Teorema Pengangkutan Reynold (Lin & Danahey, 2002). Penelitian ini bertujuan: (1) untuk menduga besarnya kerusakan polong kedelai akibat serangan hama *N. viridula* dengan menggunakan model matematik yang diturunkan dari persamaan matematika Teorema Pengangkutan Reynold, dan (2) Selanjutnya model matematika hubungan populasi serangga hama *N. viridula* dengan kerusakan polong tersebut digunakan untuk menduga hasil panen kedelai.

2. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan sembilan macam perlakuan dan diulang tiga kali. Jenis perlakuan dimaksud adalah P0 = Kontrol, P1 = Inokulasi 1 ekor nimfa, P2 = 2 ekor nimfa, P3 = 3 ekor nimfa, P4 = 4 ekor nimfa, P5 = 1 ekor Imago, P6 = 2 ekor imago, P7 = 3 ekor imago, dan P8 = 4 ekor imago. Penelitian dilakukan pada bulan September sampai dengan Desember 2009. Untuk

menduga banyaknya polong rusak akibat serangan *N. viridula*, maka data yang diamati adalah : jumlah polong rusak (terserang *N. viridula*). Sedangkan untuk menduga hasil kedelai berdasarkan prediksi jumlah polong yang rusak , data yang diamati adalah : berat basah polong.

Inokulasi nimfa dan imago ke dalam kurungan dilakukan pada umur 54 HST (stadia pengisian biji R5-6). Untuk menduga kerusakan polong akibat serangan *N. viridula* digunakan pendekatan Teori Kontinum (Apsley, 2005) dan persamaan matematika Teorema Pengangkutan Reynold (Munson, *et al.*, 1998) sebagai berikut : *The rate of change inside the control volume (CV) + net outward flux through surface of the control volume = The rate production of the source inside the control volume.*

$$\frac{D}{Dt} [\text{Jumlah polong terserang}] = \frac{\text{Jumlah serangga hama yg ada di CV}}{\text{Waktu}} \dots\dots (1)$$

Persamaan (1) kemudian dapat dinyatakan dalam bentuk matematika seperti berikut ini :

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{cv} \rho dV + \int_{cs} \rho v \cdot \hat{n} dA = \frac{\text{Jumlah serangga hama yg ada di CV}}{\text{Waktu}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana ρ = adalah kepadatan polong yang ada di dalam CV per-satuan volume. Sedangkan v = adalah kecepatan serangga masuk/keluar (melalui control surface atau CS) ke dalam CV untuk menyerang polong, dan \hat{n} = vektor satuan dari CS dan tegak lurus dengan permukaan CS. Sedangkan A adalah luasan permukaan CS tempat serangga masuk dan keluar, dengan asumsi bahwa (a) arah kecepatan serangga masuk sejajar dengan normal bidang atau luasan, (b) luasan A hanya mempunyai satu vektor normal, artinya luasan A adalah suatu bidang datar. Selanjutnya Persamaan (2) dapat diselesaikan menjadi :

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[\underbrace{\rho}_{cv} dV \right] + \rho v \cdot \hat{n} \int dA = \frac{\text{Jumlah serangga hama yg ada di CV}}{\text{waktu}} \dots\dots\dots (3)$$

atau dapat ditulis,

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\underbrace{\rho V}_{cv} \right) + \underbrace{\rho v \cdot \hat{n} A}_{cs} = \frac{\text{Jumlah serangga hama yg ada di CV}}{\text{waktu}} \dots\dots\dots (4)$$

Karena V pada Persamaan (4) adalah volume dari CV yang besarnya diasumsikan tetap (tidak berubah terhadap waktu), persamaan tersebut selanjutnya dapat ditulis menjadi :

$$\underbrace{\rho \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V \partial \rho}{\partial t}}_{cv} + \underbrace{\rho v \cdot \hat{n} A}_{cs} = \frac{\text{Jumlah serangga hama yg ada di CV}}{\text{waktu}} \dots\dots\dots (5)$$

jika diturunkan nilai $\frac{\partial V}{\partial t} = 0$, sehingga Persamaan (5) berubah menjadi :

$$V \frac{\partial \rho}{\partial t} + \underbrace{\rho v \cdot \hat{n}}_{CS} A = \frac{\text{Jumlah serangga hama yg ada di CV}}{\text{waktu}} \dots\dots\dots (6)$$

Berdasarkan prinsip Teorema Pengangkutan Reynold (Munson, *et al.*, 1998), maka untuk kecepatan serangga “masuk” nelalui CS diberi kode – (negatip), sedangkan untuk kecepatan serangga keluar melalui CS, diberi kode + (positip), maka Persamaan (6) selanjutnya akan berubah menjadi :

$$V \frac{\partial \rho}{\partial t} - \underbrace{\rho v \cdot \hat{n}}_{masuk} A + \underbrace{\rho v \cdot \hat{n}}_{keluar} A = \frac{\text{Jumlah serangga hama yg ada di CV}}{\text{waktu}} \dots\dots\dots (7)$$

Dari Persamaan (7) selanjutnya dapat dilihat bahwa $v \cdot \hat{n}$ = kecepatan serangga untuk masuk ke dalam CS, yang besarnya tidak lain adalah sama dengan laju perubahan jumlah polong yang ada di CV untuk menerima serangan, dinyatakan dengan $\frac{\partial Z}{\partial t}$, sehingga Persamaan (7) berubah menjadi :

$$V \frac{\partial \rho}{\partial t} - \underbrace{\rho A \frac{\partial Z}{\partial t}}_{Masuk} + \underbrace{\rho A \frac{\partial Z}{\partial t}}_{Keluar} = \frac{\text{Jumlah serangga hama yg ada di CV}}{\text{waktu}} \dots\dots\dots (8)$$

dimana :

- V : Volume dari CV (volume kendali), tempat serangga menyerang (P x L x T)
(0,70 x 0,60 x 0,60) x 1 m³ = 0,25 m³
- A : Luas permukaan dari CS (permukaan kendali) untuk satu sisi dimana serangga menyerang dan keluar
(P x L x 1 m² = 0,70 x 0,60 x 1m³) = 0,42 m²
- ρ : Kepadatan polong yang ada di dalam CV yang akan diserang
- $\frac{\partial Z}{\partial t}$: Laju perubahan jumlah polong yang diserang per-satuan waktu
- Masuk : adalah jumlah polong untuk diserang.
- Keluar : adalah jumlah polong setelah diserang.

Selanjutnya model matematika tersebut akan digunakan untuk menduga jumlah polong yang rusak akibat serangan hama *N. viridula* dan selanjutnya untuk menduga hasil kedelai.

a. Menentukan jumlah polong terserang nimfa *N. viridula* dengan persamaan matematik sebagai berikut :

$$V \frac{\partial \rho_N}{\partial t} - \underbrace{\rho_N A \frac{\partial Z_3}{\partial t}}_{masuk} + \underbrace{\rho_N A \frac{\partial Z_3}{\partial t}}_{keluar} = \frac{\text{Jmlh nimfa di CV}}{\text{waktu}} \dots\dots\dots (9)$$

b. Menentukan jumlah polong terserang imago *N. viridula* dengan persamaan matematika sebagai berikut :

$$V \frac{\partial \rho_1}{\partial t} - \underbrace{\rho_1 A \frac{\partial Z_3}{\partial t}}_{\text{masuk}} + \underbrace{\rho_1 A \frac{\partial Z_3}{\partial t}}_{\text{keluar}} = \frac{\text{Jmlh imago di CV}}{\text{waktu}} \dots\dots\dots(10)$$

Asumsi Model

Dapat mengimplementasikan model matematika yang dibangun, diperlukan beberapa asumsi, diantaranya adalah : (1) Jenis kedelai sudah ditentukan yakni wilis, (2) Jumlah populasi serangga *N. viridula* yang merusak polong telah ditetapkan sebelumnya (sesuai dengan perlakuan), (3) Lamanya waktu serangan *N. viridula* pada polong sudah ditetapkan, (4) Model hanya dapat digunakan dengan input data hasil penelitian (dengan populasi (n) yang telah ditentukan sesuai percobaan).

Pengujian Model

Melihat kehandalan model empiris dalam menduga variabel terikat, dilakukan analisis grafis dan analisis statistik antara data prediksi model dan data observasi (hasil eksperimen) yaitu dengan melihat linearitasnya. Uji validasi dilanjutkan dengan melihat pola penyebaran residual dengan memplotkan data prediksi dengan residualnya berdasarkan pendekatan metode (Graf et al., 1990). Selanjutnya analisis data secara statistik digunakan untuk mengetahui kesahihan suatu model dan tingkat keeratan hubungan antar variabel dengan menentukan koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (r) berdasarkan pendekatan metode (Singh et al., 1996).

3. Hasil

Analisis Pendugaan Kerusakan Polong Berdasarkan Model Matematika Teorema Pengangkutan Reynold

Untuk menduga banyaknya polong kedelai yang rusak akibat serangan (inokulasi) nimfa dan imago *N. viridula*, digunakan formula persamaan matematika (9) dan (10). Data hasil prediksi terhadap jumlah polong kedelai yang rusak tersebut selanjutnya dibandingkan dengan data empiris jumlah polong rusak berdasarkan hasil penelitian lapangan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Jumlah Polong Terserang *N. viridula* Berdasarkan Model Prediksi dan Data Empiris Serta Besarnya Nilai Kesalahan

Perlakuan	Data empiris	Prediksi Jumlah polong terakhir	Kesalahan
P1	12	11,90	0,10
P2	17	16,94	0,06
P3	20	20,02	0,02
P4	24	23,94	0,06
P5	16	15,96	0,04
P6	20	20,02	0,02
P7	25	24,92	0,08
P8	27	27,02	0,02

Hasil pengamatan secara empiris terhadap jumlah polong yang rusak (Tabel 1.) menunjukkan bahwa semakin meningkat jumlah nimfa dan imago *N. viridula* yang diinokulasikan mengakibatkan jumlah polong yang terserang juga makin banyak. Hasil perhitungan berdasarkan model prediksi juga menunjukkan hal yang sama, bahwa semakin banyak jumlah nimfa dan imago yang diinokulasikan menyebabkan jumlah polong yang rusak makin meningkat. Jumlah polong rusak paling tinggi diperoleh akibat perlakuan inokulasi 4 ekor nimfa (P4) dan 4 ekor imago (P8). Perbedaan populasi (jumlah hama) yang diinfestasikan diduga sebagai penyebab makin meningkatnya kerusakan polong dan biji kedelai. Dapat dilihat bahwa pada perlakuan dengan jumlah serangga yang lebih banyak menyebabkan kerusakan polong yang lebih tinggi. Hal ini terjadi karena pada jumlah serangga yang banyak, secara keseluruhan akan membutuhkan jumlah makanan yang lebih besar sejalan dengan dengan pertumbuhan dan perkembangan serangga dibanding pada perlakuan dengan jumlah serangga yang lebih sedikit, dengan demikian akan menyebabkan kerusakan pada polong dan biji yang lebih tinggi.

Perbedaan kepadatan populasi nimfa dan imago serangga *N. viridula* diduga sebagai faktor lainnya yang berpengaruh terhadap perbedaan kerusakan polong. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Marwoto & Taufiq, 2017). meskipun pada serangga berbeda, namun masih pada kelompok OPT yang sama yakni pengisap polong kedelai. Dikatakan bahwa perbedaan jumlah nimfa *N. viridula* yang diinfestasikan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap rata-rata persentase kerusakan polong kedelai yang dihasilkan. Adanya perbedaan kepadatan populasi, umur tanaman, dan lamanya penyerangan akan mengakibatkan terjadinya perbedaan intensitas serangan, sehingga berakibat pada perbedaan nilai jumlah polong yang rusak.

Perbandingan jumlah polong terserang hama (antara data empiris hasil penelitian lapangan dengan data prediksi model hasil perhitungan) akibat perlakuan nimfa dan imago *N. viridula* menyebabkan variabilitas kesalahan yang beragam (Ben-Zvi & Makar, 2016). Akibat inokulasi nimfa *N. viridula* didapatkan tingkat kesalahan bervariasi antara 0,02–0,10 % dan akibat inokulasi imago *N. viridula* didapatkan tingkat kesalahan berkisar 0,02–0,08 % (Tabel 1.). Kesalahan prediksi model terhadap data empiris ternyata untuk percobaan ini cukup kecil, hal ini menunjukkan bahwa model telah sesuai dan dapat digunakan untuk menduga besarnya tingkat kerusakan polong akibat serangan hama *N. viridula* dan perkiraan model berada dalam selang yang terbatas atau model dikatakan memiliki ketelitian cukup tinggi (Dieleman et al., 1995). Karena nilai kesalahan ini relatif kecil, maka dapat dikatakan bahwa untuk kasus ini model cukup sahih, sehingga dapat digunakan untuk menduga banyaknya polong kedelai yang rusak akibat serangan serangga hama *N.*

viridula. Menurut (Kuswantoro et al., 2020) varietas dengan fase reproduksi yang singkat dan ukuran biji kecil lebih disukai oleh *Nezara viridula* sebagai sumber makanan. (Prayoga & Poerwoko, n.d.) menyatakan bahwa tingkat serangan *N. viridula* cenderung berpengaruh terhadap berat biji kedelai. Oleh karena itu, kedua karakteristik ini dapat digunakan untuk menentukan ketahanan kedelai terhadap *Nezara viridula*. Untuk menduga hasil kedelai berdasarkan model prediksi yang diimplementasikan terhadap jumlah polong rusak akibat inokulasi serangga hama *N. viridula*, dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah melakukan penimbangan terhadap hasil panen kontrol, kemudian dilanjutkan dengan mencari besarnya nilai berat basah per-polong. Tahap ke dua adalah merubah jumlah polong yang rusak ke dalam satuan berat basah dengan cara mengalikan jumlah polong rusak hasil prediksi dengan Berat basah per-polong. Data mengenai rata-rata jumlah dan Berat polong kedelai yang terserang oleh serangga hama *N. viridula* tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Jumlah dan Berat Polong Kedelai yang Diserang oleh Nimfa dan Imago Hama Pengisap Polong *N. viridula* Berdasarkan Model Prediksi

Perlakuan	Data empiris		Data Prediksi	
	Rata-rata jumlah polong terserang (polong)	Rata-rata berat polong (gram)	Rata-rata jumlah polong terserang (polong)	Rata-rata berat polong (gram)
P1	12	11,76	11,90	11,66
P2	17	16,66	16,94	16,60
P3	20	19,60	20,02	19,61
P4	24	23,52	23,94	23,46
P5	16	15,68	15,96	15,64
P6	20	19,60	20,02	19,62
P7	25	24,50	24,92	24,42
P8	27	26,45	27,02	26,47

Nilai jumlah polong yang rusak makin meningkat dengan bertambahnya jumlah nimfa dan imago serangga hama *N. viridula* yang diinokulasikan. Untuk perlakuan inokulasi 4 ekor nimfa (P4) didapatkan prediksi Berat basah polong (kehilangan hasil) sebanyak 23,46 gram, sedangkan untuk inokulasi 4 ekor imago *N. viridula* (P8), maka diperoleh prediksi Berat basah polong (kehilangan hasil) sebesar 26,47 gram (Tabel 2.). Tahap selanjutnya adalah menghitung hasil panen kedelai berdasarkan prediksi terhadap Berat basah polong dengan pendekatan rumus sebagai berikut : Hasil = Produksi pada Kontrol (Berat basah polong) - jumlah polong rusak (Berat basah polong) akibat inokulasi serangga hama pengisap polong *N. viridula*. Selanjutnya membandingkan hasil panen kedelai berdasarkan hasil eksperimen (data empiris) dengan hasil kedelai berdasarkan model prediksi (model matematika), dan secara rinci tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Panen Berdasarkan Model Prediksi dan Data Empiris Serta Besarnya Tingkat Kesalahan

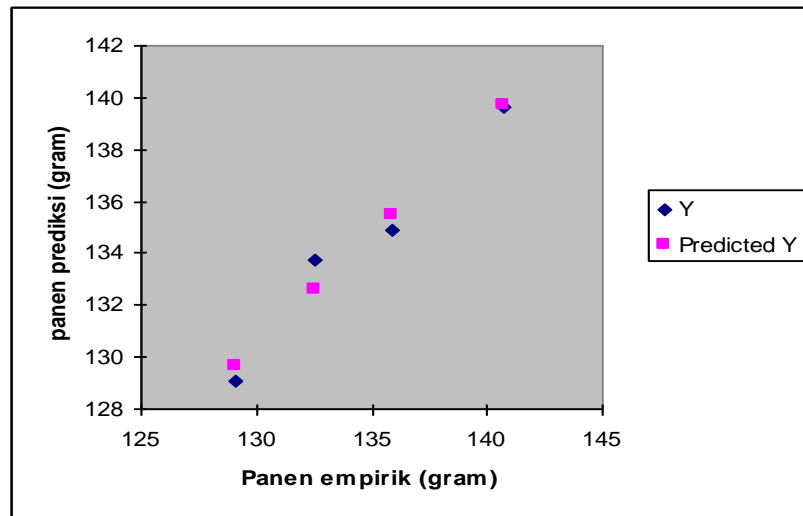
Perlakuan	Hasil empiris (gram)	Hasil prediksi (gram)	Nilai kesalahan (gram)
P1	140,76	139,66	1,10
P2	135,86	134,98	0,88
P3	132,92	132,91	0,01
P4	129,00	129,06	0,06
P5	136,84	137,89	1,05
P6	132,92	131,90	1,02
P7	128,02	128,05	0,02
P8	126,07	126,05	0,02

Perbandingan nilai hasil panen antara data hasil eksperimen (data empiris) dengan data hasil prediksi model, memiliki tingkat kesalahan bervariasi antara 0,01 – 1,10 % (Tabel 3.). Variabilitas kesalahan antara nilai panen berdasarkan model prediksi dengan data panen empiris adalah cukup kecil, artinya prediksi model terhadap hasil panen mendekati dengan data empiris atau model prediksi dapat digunakan untuk menghampiri data panen lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa model matematika yang digunakan untuk menduga kerusakan polong kedelai ternyata juga cukup sesuai jika dicoba digunakan untuk menduga besarnya panen kedelai. Dengan kata lain perkiraan model matematik tersebut berada dalam kisaran yang terbatas atau model dikatakan memiliki tingkat ketelitian yang cukup tinggi (Dieleman et al., 1995). Hal ini sesuai dengan pendapat (Boote et al., 1996) bahwa telah terjadi kesesuaian antara hasil prediksi model dengan data empirisnya. Nilai tersebut relatif kecil, hal ini menunjukkan bahwa model matematika yang dibangun untuk menduga kerusakan polong kedelai akibat serangan *N. viridula*, memiliki nilai kehandalan yang cukup tinggi untuk menduga hasil panen kedelai.

Uji Validitas Model

Validasi untuk berbagai jenis model tidak sama. Untuk model deterministik yang menggunakan data model berdasarkan hasil penelitian, konsep validasi menggunakan analisis sisaan (*residual error*), menggunakan ukuran *Root Mean Square Error* (RMSE), *Residual some square* (RSS), dan simpangan antara dugaan dengan data empirik melalui pengamatan pada kurva dan diagram pencar. Untuk melihat kehandalan model empiris dalam menduga variabel terikat, dilakukan analisis grafis antara data prediksi dan data observasi yaitu dengan melihat linearitasnya (Dieleman et al., 1995) .

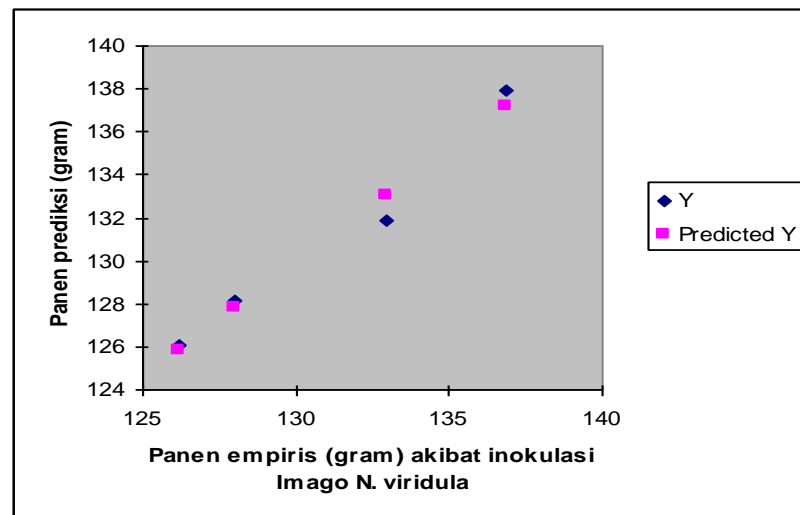
Uji validasi dilanjutkan dengan melihat pola penyebaran residual (sesatan) dengan memplotkan data prediksi model dengan residualnya sebagai berikut: Untuk membuktikan hal tersebut dilakukan plot data hasil panen prediksi (Y) dengan hasil panen empiris (X) akibat inokulasi nimfa *N. viridula* dan datanya disajikan pada Gambar 1. Dari hasil plot tersebut terlihat bahwa hasil panen berdasarkan model prediksi meningkat dengan bertambahnya hasil panen empiris (Dieleman et al., 1995).



Gambar 1.

Plot hasil panen (prediksi) dengan hasil (empiris) (Y= hasil empiris; predicted Y= hasil model) akibat inokulasi Nimfa *N. viridula*

Selanjutnya dilakukan plot data (diagram pencar) hasil panen prediksi (Y) dengan hasil panen empiris (X) akibat inokulasi imago *N. viridula* dan hasilnya disajikan pada Gambar 2. Dari hasil plot tersebut terlihat bahwa hasil panen prediksi makin meningkat dengan bertambahnya hasil panen empiris, artinya diduga terdapat linieritas antara data panen empiris dengan panen prediksi model. Untuk membuktikan hal ini dilakukan plot data (diagram pencar) antara data prediksi model dengan data panen empiris.

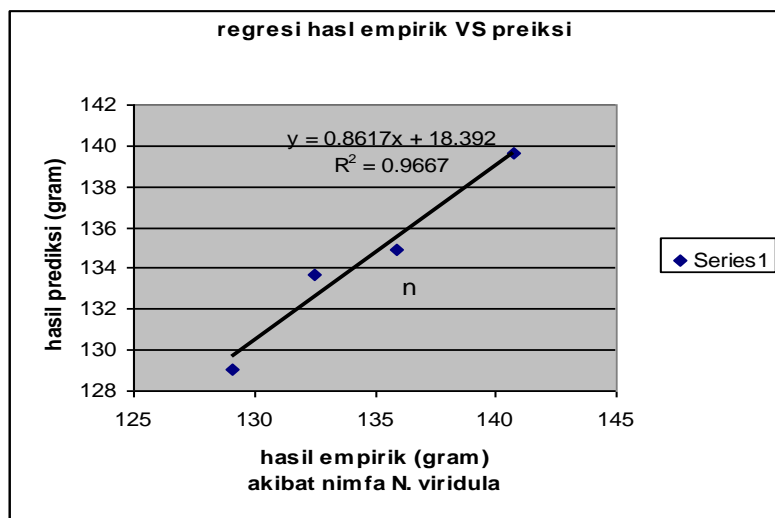


Gambar 2. Plot Data Hasil Panen Berdasarkan Prediksi dengan Panen Empiris (Y= hasil prediksi; Predicted Y = panen empiris) akibat inokulasi Imago *N. viridula*

Dari plot data (diagram pencar) hasil panen prediksi dengan hasil panen empiris pada Gambar 1 dan 2. selanjutnya dilakukan analisis regresi linier dan diperoleh

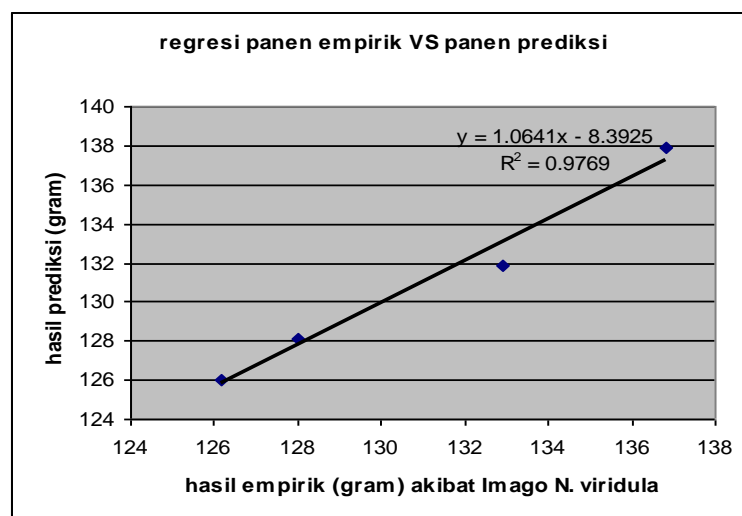
persamaan regresi untuk nimfa $Y = 18,392 + 0,8617 X$, dengan $p = 0,000$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,9667 (Gambar 3).

Dari Gambar 3. menunjukkan bahwa terdapat hubungan linier yang nyata bermakna antara hasil panen kedelai berdasarkan prediksi (model) dengan hasil panen empiris (eksperiment). Hasil panen prediksi model meningkat dengan bertambahnya hasil panen empirik. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9667. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan dari hasil panen prediksi model untuk menjelaskan hasil panen empirik adalah sebesar 96,67%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain diluar perlakuan.



Gambar 3.

Plot Garis Regresi Panen Empirik dengan Hasil Panen Prediksi Akibat Nimfa Hama *N. Viridula* Sedangkan untuk imago *N. viridula*, didapatkan persamaan regresi linier, yaitu $Y = 1,0641X - 8,3925$, dengan $p = 0,00$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,9769 (Gbr 4).



Gambar 4.

Plot Garis Regresi Panen Empirik dengan Panen Prediksi Akibat Imago *N. viridula*

Terdapat hubungan linier yang nyata antara hasil panen prediksi dengan hasil panen empiris (eksperimen) akibat inokulasi Imago *N. viridula*. Hasil panen prediksi naik dengan bertambahnya hasil panen empiris dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9769. Dengan kata lain model atau persamaan matematika yang telah dipakai untuk menduga kerusakan polong kedelai akibat serangan hama *N. viridula*, ternyata dapat pula digunakan untuk menduga besarnya nilai panen kedelai. Nilai ini menurut Singh *et al.*, (1996) sudah sangat besar, dengan demikian hasil model prediksi cukup akurat dapat digunakan sebagai penduga (prediktor) terhadap hasil panen empiris.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai Model matematika hubungan populasi *N. viridula* dengan kerusakan polong yang diturunkan dari persamaan matematika Teorema Pengangkutan Reynold, dapat digunakan untuk menduga kerusakan polong kedelai akibat serangan kepik hijau dengan kisaran nilai kesalahan sebesar 0,02 – 0,10 %. Model matematika yang digunakan untuk menduga kerusakan polong, dapat pula digunakan untuk menduga hasil panen kedelai pada stadia R5-6 dan memiliki kisaran nilai kesalahan sebesar 0,01 – 1,00 %.

Bibliography

- Arifin, M. S. (1997). Factors affecting intention to leave. *Unpublished Dissertation*.
- Bahrin, A. H., Mollah, A., & Khotimah, N. H. (2019). Application of humic acid and vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) for growth and production of soybean. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 343(1), 12023.
- Bayu, M., & Tengkan, W. (2014). Endemik kepik hijau pucat, *Piezodorus hybneri* Gmelin (Hemiptera: Pentatomidae) dan pengendaliannya. *Buletin Palawija*, 28(0), 73–83.
- Ben-Zvi, D., & Makar, K. (2016). International perspectives on the teaching and learning of statistics. In *The teaching and learning of statistics: International perspectives* (pp. 1–10). Springer.
- Bhattarai, G. P., Diaz, R., Manrique, V., Turechek, W. W., Buss, L., Stange, B., & Overholt, W. A. (2017). Diversity and impact of herbivorous insects on Brazilian peppertree in Florida prior to release of exotic biological control agents. *Biocontrol Science and Technology*, 27(6), 703–722.
- Boote, K. J., Jones, J. W., & Pickering, N. B. (1996). Potential uses and limitations of crop models. *Agronomy Journal*, 88(5), 704–716.
- Bryant, T. B., Greene, J. K., & Reay-Jones, F. P. F. (2023). Within-field spatial patterns of *Euschistus servus* and *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) in field corn. *Environmental Entomology*, nvad043.
- Dieleman, A., Hamill, A. S., Weise, S. F., & Swanton, C. J. (1995). Empirical models of pigweed (*Amaranthus* spp.) interference in soybean (*Glycine max*). *Weed Science*, 43(4), 612–618.

- Graf, B., Gutierrez, A. P., Rakotobe, O., Zahner, P., & Delucchi, V. (1990). A simulation model for the dynamics of rice growth and development: Part II—The competition with weeds for nitrogen and light. *Agricultural Systems*, 32(4), 367–392.
- Hendrival, H., Latifah, L., & Nisa, A. (2013). Efikasi beberapa insektisida nabati untuk mengendalikan hama pengisap polong di pertanaman kedelai. *Jurnal Agrista*, 17(1), 18–27.
- Higley, L. G. (1992). New understandings of soybean defoliation and their implication for pest management. In *Pest management in soybean* (pp. 56–65). Springer.
- Kuswanto, H., Mejaya, I. M. J., & Baliadi, Y. (2020). Determination of agronomical characters as the resistance attributes of twenty soybean varieties to stink bug (*Nezara viridula* L.). *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*, 42(1), 53–67.
- Lin, S. J., & Danahey, D. G. (2002). Nasal aerodynamics. *Chief Editor: Arlen D Meyers, MD, MBA, Http://Emedicine. Medscape. Com/Article/874822-Overview*.
- Manurung, D. S. (2015). *Potensi Serangan Hama Kepik Hijau (Nezara viridula L.)(Hemiptera: Pentatomidae) dan Hama Kepik Coklat (Riptortus linearis L.)(Hemiptera: Alydidae) pada Tanaman Kedelai di Rumah Kassa*. Universitas Sumatera Utara.
- Marwoto, S. H., & Taufiq, A. (2017). Hama dan Penyakit Tanaman Kedelai Identifikasi dan Pengendaliannya. *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*.
- Nurkartika, R., Ilyas, S. I. S., & Machmud, M. (2017). Aplikasi agens hayati untuk mengendalikan hawar daun bakteri pada produksi benih padi. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 45(3), 235–242.
- Permadi, M. A., Lubis, R. A., & Siregar, L. A. (2018). Virulensi beberapa isolat cendawan entomopatogen terhadap nimfa kepik hijau *Nezara viridula* Linn.(Hemiptera: Pentatomidae). *Jurnal AGROHITA: Jurnal Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan*, 2(2), 52–60.
- Prayoga, S., & Poerwoko, M. S. (n.d.). *Ketahanan Morfologi 16 Genotipe Kedelai Terhadap Serangan*.
- Samosir, S., Sembiring, M., & Oemry, S. (2015). Uji Preferensi Hama Kepik Hijau *Nezara viridula* L.(Hemiptera: Pentatomidae) pada Tanaman Kacang Kedelai dan Kacang Panjang di Laboratorium. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 3(2), 104707.
- Singh, M., Saxena, M. C., Abu-Irmaileh, B. E., Al-Thahabi, S. A., & Haddad, N. I. (1996). Estimation of critical period of weed control. *Weed Science*, 44(2), 273–283.
- Suharsono, S. (1997). *Membandingkan analisis kadar timbal dalam darah dengan ekstraksi A PDC MIBK dan pereausi TINO3-MG (NO3) 2 memakai spektrofotometer serapan atom*. FMIPA UNDIP.