JUSTEK : JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI
http://journal.ummat.ac.id/index.php/justek
ISSN 2620-5475
Vol. 6, No. 4, Desember 2023, Hal. 544-552

PENERAPAN MODEL SIRV PENYEBARANPENYAKIT MULUT DAN KUKU PADA HEWAN TERNAKDI SUMATERA UTARA

[1]Dafa Al Qifti Nasution, [2]Rina Widyasari, [3]Riri Syafitri Lubis
[1]Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia
[1]dafaalqiftinasution346@gmail.com, [2]rina_widyasari@uinsu.ac.id, [3]riri_syafitri@uinsu.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Diterima : 23-11-2023
Disetujui : 20-12-2023

Keywords:
FMD SVIEQR Model,Equilibrium Pointand Number Basic Reproduction

ABSTRACT

Abstract: The aim of the research is to apply a mathematical model of the spread of infectious diseases aimed at livestock by analyzing the stability of being free from Foot and Mouth Disease in livestock and knowing the implementation of the simulation results of the model. The method used in this applied research is the Action Research method which is used to test, develop and create new actions. This type of research is quantitative which aims to test hypotheses through data collected in accordance with previous concepts. Model for the spread of FMD, obtained by the SVIEPR model where the model is divided into 6 compartments, namely: susceptible compartment (S), vaccinated compartment (V), infected compartment (I), latent compartment (E), quarantined livestock compartment (Q), and recovered compartment. (R). the results of equilibrium point stability analysis and numerical simulations show that the disease will disappear if $R_0 < 1$ and the disease will persist if $R_0 > 1$. So the step that can be taken to prevent the disease from becoming an epidemic is to reduce contact between susceptible individuals and (β). being infected increases the rate of individuals being vaccinated (ρ) and the rate of isolation after vaccination (α).

Abstrak: Tujuan penelitian menerapkan model matematika penyebaran penyakit menular yang ditujukan pada hewan ternak dengan menganalisis kestabilan bebas Penyakit Mulut dan Kuku pada hewan ternak dan mengetahui implementasi hasi simulasi model tersebut. Metode yang di gunakan pada penelitian terapan ini yaitu metode Penelitian Tindakan (*Action Research)* yang digunakan untuk menguji, mengembangkan dan menciptakan tindakan baru. Jenis penelitian ini yaitu kuantitatif yang bertujuan untuk menguji hipotesa melalui data-data yang terkempul sesuai dengan konsep sebelumnya. Model penyebaran PMK, diperoleh model SVIEPR dimana model dibagi atas 6 kompartemen yaitu: kompartemen rentan (S), kompartemen divaksinasi (V), kompartemen terinfeksi (I), kompartemen laten (E) kompartemen melaksanakan Hewan ternak dikarantina (Q), dan kompartemen sembuh (R). hasil analisis kestabilan titik ekuilibrium dan simulasi numerik diperoleh bahwa penyakit akan hilang jika $R_0 < 1$ dan penyakit akan menetap jika $R_0 > 1$. Sehingga langkah yang dapat dilakukan supaya penyakit tidak menjadi wabah adalah dengan mengurangi kontak antar individu rentan dengan (β). terinfeksi meningkatkan laju individu yang divaksinasi (ρ) dan laju pelaksanaan isolasi sesudah divaksinasi (α).

Crossref
https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ

A. LATAR BELAKANG

Pemodelan matematika merupakan salah satu bidang matematika yang merepresentasikan serta menjelaskan persoalan kompleks ke dalam pernyataan matematika (Meksianis, 2018). Representasi yang diperolah dari proses kemudian dikenal dengan model matematika. Salah satu contoh model matematika adalah model epidemi. Perlu diketahui bahwa terdapat beberapa pendekatan pemodelanyang digunakan dalam merumuskan model matematika diantaranya modelempiris, model simulasi, model stokastik dan deterministik (Rima, 2018). Model epidemi SIR dikenalkan oleh Kermack dan McKendrik pada tahun 1929, berdasarkan teori epidemik dari Kermark dan Mc Kendrick, penyebaran penyakit menular dapat digambarkan secara matematis oleh model-model kompartemen *SIR* dengan setiap huruf mengacu pada kompartemen dimana induvidu berada. Oleh karena itu Vaksinasi juga dapat dianggap sebagai penambahan kompertemen *V* secara alami kedalam model SIR (Husein *et al*,. 2019).

Berdasarkan laporan iSIKHNAS per tanggal 12 Mei 2022, Kabupaten yang diduga terinfeksi Penyakit Mulut dan Kuku (PMK). Kabupaten Langkat sebanyak 326 ekor ternak sapi dan Kabupaten Deli Serdang sebanyak 241 ekor ternak sapi. Penyebaran PMK masih terjadi, meski relatif terkendali jumlah penyebaran Penyakit Mulut dan Kuku sebelum di laksanakan nya Idul adha jumlah hewan ternak yang terjangkit PMK di Sumut sebanyak 11.717 kasus di 16 kabupaten/kota di Sumut. Dengan jumlah sembuh 6.594 dan sakit 5.065, serta mati 17 ekor. Pemko untuk melakukan deteksi dini dan melakukan penanganan isolasi terhadap hewan yang tertular. Juga meminta agar Instruksi Mendagri Nomor 31 tahun 2022 tentang penanganan wabah Penyakit Mulut dan Kuku serta kesiapan hewan kurban menjelang Hari Raya Iduladha dipedomani (Sumut prov, 2022). Penyakit Mulut dan Kuku merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus Rhinovirus dengan cepat melalui kontak langsung misalnya air kencing, air susu, air liur dan benda lain yang tercemar AE, sehingga mudah menular di antara Hewan ternak. Karena itu, Hewan ternak yang mengalami serangan PMK harus segera dikarantina agar tidak menulari Hewan ternak yang masih sehat (Astuti, 2009).

Gejala hewan yang terserang PMK yang paling umum adalah demam dan munculnya lepuh, bisul serta koreng pada mulut, lidah, hidung, kaki dan puting. Kemudian lesi atau kerusakan (ketidaknormalan) di bagian atau jaringan pada sela jari kaki. Ternak yang terinfeksi biasanya mengalami depresi, enggan bergerak, cairan hidung dan air liur berlebihan dan hilang nafsu makan. Tujuan penelitian yaitu menerapkan model matematika penyebaran penyakit menular yang ditujukan pada hewan ternak dengan menganalisis kestabilan bebas Penyakit Mulut dan Kuku pada hewan ternak dan mengetahui implementasi hasi simulasi model tersebut.

B. METODE PENELITIAN

Metode yang di gunakan pada penelitian terapan ini yaitu metode Penelitian Tindakan (*Action Research)* yang digunakanuntuk menguji, mengembangkan dan menciptakan tindakan baru. Jenis penelitian ini yaitu kuantitatif yang bertujuan untuk menguji hipotesa melalui data-data yang terkempul sesuai dengan konsep sebelumnya. penelitian ini disusun dengan menggunakan metode observasi yaitu sistem pengembalian data langsung dari Dinas Ketahanan Pangan dan Peternakan Prov.Sumatera Utara dan mengolah Data Variabel (Data sekunder). Penelitian ini dilaksanakan di Dinas Ketahanan Pangan dan Peternakan Prov.Sumatera Utaradan lamanya penelitian berlangsung dari bulan Mei sampai dengan Selesai. Adapun variabel keputusan variabel pada penelitian ini berupa proteksi terhadap penyakit selama proses vaksinasi saat akan mendapat kekebalan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. DATA REKAPITULASI PMK PROV SUMATRA UTARA

Data rekapitulasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data yang diambil dari dinas ketahanan pangan dan peternakan dilihat pada tabel 1.

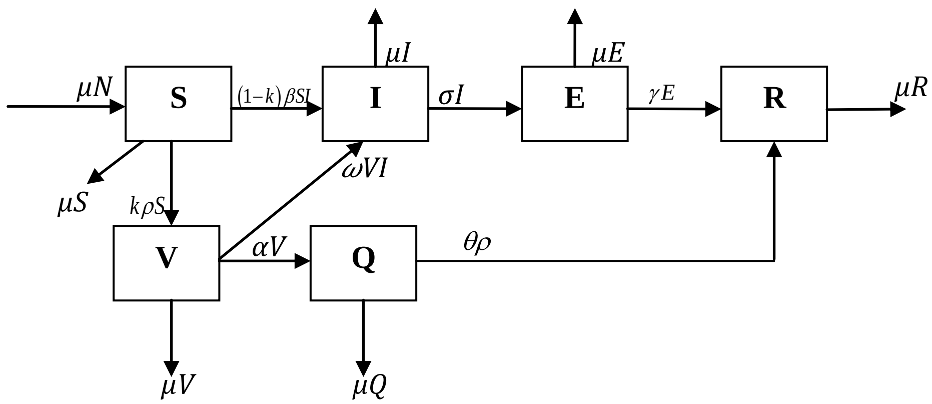
Tabel 1. Data Rekapitulasi PMK Prov Sumut

Lokasi : Sumatra Utara	Jumlah Data
Populasi pada hewan ternak	2.823.818 ekor
Desa terdampak	535 desa
Kecamatan yang berdampak	173 kecamatan
Hewan terinfeksi	19.962 ekor
Membaik	19.158 ekor
Potong paksa	53 ekor
Vaksinasi	81.284 ekor
Sembuh perhari	1.608 ekor

Data bersumber dari Isikhnas(2022)

2. Pembentukan Model

Model SVIEQR dapat digambarkan melalui Kompartemen sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Model

Pada penelitian ini, perubahan jumlah individu didalam populasi untuk setiap kompartemen terhadap waktu akan sebagai berikut:

1. Perubahan kompartemen rentan (S) terhadap waktu (t) Mengalami pertambahan pada kompartemen ini di pengaruhi oleh adanya populasi alami

(μN). Sedangkan mengalami pengurangan pada kompartemen ini dipengaruhi karena adanya kematian alami dari kompartemen S sebesar μ, dilakukan vaksinasi dengan lau ρ dan proposi sebesar k, individu rentan terinfeksi menjadi kelompom potong bersyarat laju β dan proposi sebesar (1-k) sehingga menghasilkan deferensial berikut:

$$\frac{dS}{dt} = (\mu N - (\mu + k\rho) + (1-k)\beta I)S \tag{3.1}$$

2. Perubahan pada kompartemen vaksinasi (V) terhadap waktu (t)Mengalami pertambahan pada kompartemen ini dipengaruhi oleh populasi dari kompartemen (S) dengan laju ρ dan proporsi sebesar k . Sedangkan mengalami pengurangan pada kompartemen ini dipengaruhi karena individu yang telah divaksinasi, individu yang telah divaksinasi dan melakukan Karantina sehingga masuk ke dalam kompartmen (Q) dengan laju α dan kematian alami sebesar μ. Sehingga menghasilkan persamaan diferensial berikut:

$$\frac{dV}{dt} = k\rho S - (\mu + \omega I + \alpha)V \tag{3.2}$$

3. Perubahan pada kompartemen terinfeksi (I) terhadap waktu (t) Mengalami pertambahan pada kompartemen ini dipengaruhi oleh populasi rentan terinfeksi dengan laju β dan proporsi (1-k) dan kelompok individu yang divaksinasi berubah menjadi kelompok individu terinfeksi Sedangkan mengalami pengurangan pada kompartemen ini dipengaruhi oleh individu terinfeksi yang menjadi individu potong Bersyarat dengan laju perpindahan sebesar ω dan kematian alami μ. Sehingga menghasilkan persamaan diferensial berikut:

$$\frac{dI}{dt} = \left((1-k)\beta S + \omega V\right)e - \left(\mu + \sigma\right)I \tag{3.3}$$

4. Perubahan pada kompartemen potong bersyarat (E) terhadap waktu (t)Mengalami pertambahan pada kompartemen ini dipengaruhi oleh individu terinfeksi dengan laju perpindahan sebesar σ. Sedangkan mengalami pengurangan pada kompartemen ini dipengaruhi oleh populasi yang terinfeksi mengalami gejala ringgan dan menggalaami potong bersyarat dengan laju perpindahan γ dan laju kematian alami sebesar μ Sehingga menghasilkan persamaan diferensial berikut:

$$\frac{dE}{dt} = \sigma I - (\mu + \gamma)E \tag{3.4}$$

5. Perubahan pada kompartemen pelaksanaan protokol kesehatan (Q) terhadap waktu (I) Mengalami pertambahan pada kompartemen ini dipengaruhi oleh populasi individu yang telah divaksinasi dengan laju perpindahan sebesar α. Sedangkan mengalami pengurangan pada kompartemen ini dipengaruhi oleh individu yang melakukan Karantina menuju ke komparten individu sembuh (R)

dengan laju perpindahan θ dan kematian alami dengan laju μ. Sehingga menghasilkan persamaan diferensial berikut:

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha V - (\mu + \theta)Q \tag{3.5}$$

6. Perubahan pada kompartemen sembuh (R) terhadap waktu (t) Mengalami pertambahan pada kompartemen ini dipengaruhi oleh tingkat kesembuhan populasi yang sudah menerima vaksin dan melakukan Bioscurity/Karantina dengan laju θ dan populasi terinfeksi menuju kompartemen sembuh dengan laju γ. Sedangkan mengalami pengurangan pada kompartemen ini dipengaruhi oleh kematian alami dengan laju μ . Sehingga menghasilkan persamaan diferensial berikut:

$$\frac{dR}{dt} = \gamma i + \theta Q - \mu R \tag{3.6}$$

3. Titik Ekuilibrium Bebas Penyakit

Titik ekuilibrium bebas penyakit merupakan titik yang menyatakan dimana penyakit tidak meyebar disuatu daerah karena populasi individu yang terinfeksi sama dengan nol $(i_1 = i_2 = 0)$.

Jika $(i_1 = i_2 = 0)$, maka dari persamaan diperoleh

$$\mu - (\mu + k\rho + (1-k)\beta i)S = 0$$

$$s = \frac{\mu}{(\mu + k\rho + (1-k)\beta i)}$$

$$s = \frac{\mu}{(\mu + k\rho)}$$

4. Bilangan Reproduksi Dasar (R_0)

Kompartemen infeksi terletak pada kelas *i* dan *e* sehingga persamaan diferensial yang digunakan adalah :

$$((1-k)\beta s + \omega v)e - (\mu + \sigma)e = 0$$

$$\sigma i - (\mu + \gamma)e = 0$$

Selanjutnya akan diketahui bilangan reproduksi dasar dengan mengkontruksi matriks generasi (*the next generation matrix*) dan akan diperoleh niali eigen terbesarnya.

5. Nilai-Nilai Parameter

Adapun nilai-nilai parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laju kelahiran dan kematian alami diasumsikan sama yaitu:

   μ=angka kelahiran dan angka kematian %

   $\mu = 25\% = 0.25$

2. Laju individu rentan menjadi individu terinfeksi didapat dari 1 per jumlah terkofirmasi PMK bulanan tertinggi dengan jumlah 2.373 (pada September 2022) dikali 8 yang merupakan masa peralihan dari Kompartemen *s* menuju kompartemen *i* .

$$\beta = \frac{1}{\text{kasus perhari x lama penyebaran penykit}}$$

$$\beta = \frac{1}{86 \ x \ 8} = \frac{1}{688} = 0.00145$$

Tabel 3. Nilai-Nilai Parameter Model Penyebaran PMK

Parameter	Nilai	Satuan
μ	0.25	$\frac{1}{Hari}$
β	0.00145	$\frac{1}{Hari}$
σ	0.071428	$\frac{1}{Hari}$
ρ	0.01098	$\frac{1}{Hari}$
k	0.029	$\frac{1}{Hari}$
ω	0.011111	$\frac{1}{Hari}$
α	0.00013	$\frac{1}{Hari}$
θ	0.071428	$\frac{1}{Hari}$
γ	0.000064	$\frac{1}{Hari}$
N	2.823.818	*Individu*

6. Perhitungan Numerik

Berdasarkan nilai-nilai parameter diatas maka di peroleh bilangan reproduksi dasar dari system (4.1)-(4.6) adalah R_0=0.191304348<1. Karena $R_0 < 1$ maka penyakit tidak akan menyebar artinya populasi akan bebas penyakit. Titik ekuilibrium bebas penyakit adalah

$E_1 = (s, v, e, i, \ p) = (0.9384, \ 0.000029, \ 0, \ 0, \ 0.0000125)$

Serta jumlah populasi untuk penyebaran penyakit covid-19 dari masing-masing kompartemen akan stabil pada saat bersamaan di titik ekulibrium bebas penyakit, yaitu:

1. Populasi Rentan

$$S = sN$$
$$= (0,9384)(2.823.818)$$
$$= 2.649.870 \text{ Individu}$$

Tabel 4. Nilai-Nilai Parameter Titik Ekuilibrium Endemik Model Penyebaran PMK

Parameter	Nilai	Satuan
μ	0.25	$\frac{1}{Hari}$
β	0.2	$\frac{1}{Hari}$
σ	0.5	$\frac{1}{Hari}$
p	0.01098	$\frac{1}{Hari}$
k	0.029	$\frac{1}{Hari}$
ω	0.011111	$\frac{1}{Hari}$
α	0.00013	$\frac{1}{Hari}$
Θ	0.071428	$\frac{1}{Hari}$
γ	0.00064	$\frac{1}{Hari}$
N	2.823.818	*Individu*

Berdasarkan nilai-nilai parameter diatas maka diperoleh bilangan reproduksi berdasarkan adalah

$$R_0 = \frac{-\mu\sigma\left[(1-k)(\mu+\alpha)\beta + k\rho\omega\right]}{(\mu+\sigma)(\mu+\gamma)(\mu+kp)(\mu+\alpha)}$$
$$= \frac{0.25 \times 0.071428\left[(1-0.029)(0.25+0.00013)0.00145 + 0.029 \times 0.01098 \times 0.011111\right]}{(0.25+0.029)(0.25+0.00064)(0.25+0.029 \times 0.01098)(0.25+0.00013)}$$
$$= \frac{0.000938}{0.0005032} = 1,86407$$

$R_0 = 1.86407 > 1$. Karena $R_0 > 1$ maka penyakit akan menyebar artinya akan terjadi endemic.

7. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui parameter mana yang memiliki pengaruh paling signifikan pada nilai R_0 yang kemudian dijadikan intervensi. Parameter yang berdampak paling tinggi terhadap R_0 menunjukkan bahwa parameter tersebut memiliki pengaruh paling dominan terhadap penyebaran penyakit PMK:

$$C_{\beta}^{R_0} = \frac{\partial R_0}{\partial \beta} x \frac{\beta}{R_0} \tag{5.1}$$

Tabel 5. Indeks Sensitivitas Parameter

Parameter	Indeks Sensitivitas
β	0.0001185
σ	0.00110568
p	0.00001198
α	0.0000282
ω	0.000205
μ	0.0702439
k	0.001966
Θ	0.00006076
γ	0.0000648

Berdasarkan nilai parameter yang digunakan untuk simulasi numerik didapatkan nilai $R_0 < 1$ artinya penyakit dapat menghilang, dan $R_0 > 1$ yang artinya penyakit dapat menjadi wabah.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan diagram model penyebaran PMK yang telah disusun pada penelitian ini, diperoleh model SVIEPR dimana model dibagi atas 6 kompartemen yaitu: kompartemen rentan (S), kompartemen divaksinasi (V), kompartemen terinfeksi (I), kompartemen laten (E) kompartemen melaksanakan Hewan ternak dikarantina (Q), dan kompartemen sembuh (R). Model yang diperoleh berupa persamaan diferensial nonlinear orde satu, yaitu: Berdasarkan hasil analisis kestabilan titik ekuilibrium dan simulasi numerik diperoleh bahwa penyakit akan hilang jika $R_0 < 1$ dan penyakit akan menetap jika $R_0 > 1$. Sehingga langkah yang dapat dilakukan supaya penyakit tidak menjadi wabah adalah dengan mengurangi kontak antar individu rentan dengan (β)terinfeksi meningkatkan laju individu yang divaksinasi (ρ) dan laju pelaksanaan isolasi sesudah divaksinasi (α).

Pada penelitia telah dibahas model matematika penyebaran penyakit Mulut dan Kuku pada hewan ternak dengan menggunakan model SIRV dengan vaksinasi dan Bioscurity, untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk memodelkan penyebaran penyakit PMK model SIRV dengan vaksinasi Booster dan pengaruh obat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Judul untuk ucapan terima kasih kepada lembaga Pemerintah Provinsi Sumatera Utara Dinas Ketahanan pagan dan Perternakan yang sudah memberikan kontribusi selama penelitian.

REFERENSI

Agustianingsih, S., Reorita, R., & Renny, R. (2020). Optimal control for SIR Model with The Influence of Vaccination, Quarantine and Immigration factor. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi,16*(3), 311-324.

Anton, H., & Rorres, C. (2013). *Elementary linear algebra: applications version. John Wiley & Sons.*

Aprilia, R. & H. A. (2018). *Bahan kuliah Pemodelan Matematika.*

Arifin, M. (2015). *Kiat Jitu Menggemukkan Sapi Secara Maksimal.* AgroMedia.

Aryani, I., & Widyaningsih, P. (n.d.). *Model Susceptible Vaccinated Infected Recovered (SVIR) dan Penerapannya pada Penyakit Difteri di Indonesia. In PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*.

Duan, X. C., Jung, I. H., Li, X. Z., & Martcheva, M. (2020). Dynamics and optimal control of an age-structured SIRVS epidemic model. *Mathematical Methods in the Applied Sciences,43*(7), 4239-4256.

Fakhriani, N., Yulida, Y., & Faisal, F. (2015). Model SIR Dengan Adanya Pengaruh Vaksinasi Dan Imigran. *Epsilon: Jurnal Matematika Murni Dan Terapan,9*(2), 21-28.

Gani, S.R., Halawar, S. V. (2017). "Analysis of an SIVR epidemic with different optimal control starategies". *Jurnal of Mathematical and Statistical Sciences*, *5*(2).

Husein, Ismail., Mawengkang, H., Suwilo, S., M. (2019). "Modeling the Transmission of Infectious Diease in a Dynamic Network." *Jurnal of Physics: Conf., Series 1255.*

Oke, M. O., Ogunmiloro, O. M., Akinwumi, C. T., & Raji, R. A. (2019). Mathematical modeling and stability analysis of a SIRV epidemic model with non-linear force of infection and treatment. *Communications in Mathematics and Applications,10*(4), 717.

Padilah, T. N. (2017). Model Epidemi SIRS dengan Pertumbuhan Logistik. *JURNAL SILOGISME: Kajian Ilmu Matematika Dan Pembelajarannya,2*(1), 22–31.

Puspita, G., Kharis, M., & Supriyono, S. (2017). Pemodelan Matematika Pada Penyebaran Penyakit Difteri Dengan Pengaruh Karantina Dan Vaksinasi. *Unnes Journal of Mathematics,6*(1), 25-35.

Sahni, A., & Marente, T. K. W. Y. (2015). Dinamika Model Epidemik Svir Terhadap Penyebaran Penyakit Campak Dengan Strategi Vaksinasi Kontinu. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FKIP Prodi Matematika,1*(1).

SR, G., & Halawar, S. (n.d.). Analysis of an SIVR epidemic model with different optimal control strategies. *Research Journal of Mathematical and Statistical Sciences SSN,* 2320, 6047.

Supranto, J. M. . (2016). *Statistik:Teori dan Aplikasi edisi kedelapan.* Erlangga.

Toaha, S., & Khaeruddin, K. (2014). Model Sir Untuk Penyebaran Penyakit Flu Burung. In *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi,* (Vol. 10, Issue 2).

Utama, J., Riza, L., Fazanadi, M., & Hidayat, T. (n.d.). *The Automatic Detection of Near-Earth Asteroids in Co-orbital State with Terrestrial Planets by Implementing Motif Discovery Algorithm. In Proceedings of the 7th Mathematics, Science, and Computer Science Education International Seminar, MSCEIS 2019, 12 O*.

Yulianto, P., & Saparinto, C. (2012). *Penggemukan Sapi Potong Hari Per Hari 3 Bulan Panen. Penebar Swadaya Grup.*