



Model Matematika Pertumbuhan Udang Vanami (*L. vannamei*) dengan Pengaruh Pemanenan Parsial sebagai Dasar Penetapan Waktu Pemanenan

(Modeling of Vaname Shrimp (*Li. Vannamei*) Growth With The Influence of Parsial Harvesting as A Basis for Determining The Harvest Time)

Aris Alfani^{1✉}, Fitroh Resmi¹, Slamet Ifandi²

¹Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Billfath, Lamongan, Indonesia,
Email : aris.alfan@billfath.ac.id, fitroh.resmi@billfath.ac.id

³Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Billfath, Lamongan, Indonesia,
Email : slamet.ifandi@billfath.ac.id

Info Artikel:

Diterima : 21 Des. 2019
Disetujui : 23 Des 2019
Dipublikasi : 19 Juli 2020

Artikel Penelitian

Keyword:

Pemanenan Parsial, Model pertumbuhan biomassa nonlinier, persamaan pertumbuhan Von Bertalanffy .

Korespondensi:

Aris Alfani
Universitas Billfath
Lamongan, Indonesia

Email:
aris.alfan@billfath.ac.id



Copyright© Mei
2020 AGRIKAN

Abstrak. Pemanenan parsial pada budidaya udang vaname telah banyak dipraktikkan oleh para petani. Pemanenan parsial telah terbukti secara praktis dapat menghasilkan panen yang lebih banyak dibandingkan dengan pemanenan tunggal. Namun untuk menentukan waktu pemanenan parsial, para petani masih menggunakan perkiraan atau kebiasaan. Melalui penelitian ini akan dibuat suatu model pertumbuhan biomassa nonlinier dari budidaya udang vanami yang selanjutnya dapat digunakan untuk memprediksi waktu pemanenan yang menghasilkan biomassa maksimal. Dalam artikel ini digunakan data sekunder yang diolah menggunakan software MAPLE. Menggunakan persamaan pertumbuhan Von Bertalanffy, penelitian ini menunjukkan bahwa pemanenan parsial mampu menunjukkan hasil 78% lebih banyak dibandingkan dengan sistem pemanenan tunggal. Model pertumbuhan biomassa yang telah dikonstruksi dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu $A, M, L_{\infty}, W_{\infty}, k, t_0$.

Abstract. Partial harvesting in vaname shrimp farming has been widely practiced by farmers. Partial harvesting has been practically proven to produce more crops than a single harvest. But to determine the time of partial harvesting, farmers still use estimates or habits. Through this research, a nonlinear biomass growth model from vanami shrimp culture will be made which can then be used to predict the harvest time that produces maximum biomass. In this article secondary data is processed using MAPLE software. Using the Von Bertalanffy growth equation, this study shows that partial harvesting system is able to show 78% more results than a single harvesting system. The biomass growth model that has been constructed is influenced by several parameters namely $A, M, L_{\infty}, W_{\infty}, k, t_0$.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Udang merupakan jenis makanan yang banyak disukai di seluruh belahan dunia untuk semua tingkatan umur. Hal tersebut menyebabkan tingginya permintaan terhadap udang. Indonesia yang memiliki potensi besar dalam bidang perikanan memanfaatkan peluang ini sebagai eksportir udang. Indonesia mempunyai luas wilayah serta adanya sumber daya alam yang mendukung untuk dapat mengembangkan usaha budidaya udang (Nuhman, 2009). Salah satu jenis udang yang banyak dibudidayakan masyarakat adalah udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Udang vaname disebut sebagai varietas unggul karena dinilai memiliki beberapa keunggulan yaitu: relatif tahan terhadap penyakit, tumbuh lebih cepat, tahan terhadap fluktuasi kondisi

lingkungan, lama pemeliharaan relative singkat yaitu sekitar 90-100 hari setiap siklus, sintasannya tergolong tinggi dan lebih hemat pakan (Mangampa dkk., 2014)

Udang vaname berangsur-angsur semakin banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia sejak diperkenalkan di Indonesia sekitar tahun 2001. Namun sebagian besar potensi yang ada belum dimaksimalkan mengingat penelitian ataupun penerapan hasil penelitian oleh petani masih sangat minim sehingga para petani hanya menerapkan system tradisional yaitu system yang sebagian besar hanya mengandalkan keramahan alam.

Teknologi budidaya udang vaname terdiri dari teknologi ekstensif, teknologi ekstensif-plus, teknologi semi-intensif, teknologi intensif, dan teknologi super intensif. Petambak sistem

ekstensif di Indonesia masih mendominasi yaitu 80% (Mustafa dkk., 2014), mengingat cara ini sangat mudah dan murah karena pengolahannya bergantung terhadap keadaan alam. Meskipun sistem intensif terlihat cukup rumit dan dengan biaya yang cukup mahal, namun memberikan hasil yang lebih besar sebagaimana banyak penelitian yang telah dilakukan (Hannesson, 1986; Wyban et al., 1987; Heaps, 1995; Davis and Arnold, 1998; Yu and Leung, 2006).

Budidaya dengan sistem intensif dicirikan dengan penebaran bibit yang padat. Padatnya bibit mengakibatkan perlunya ditambahkan factor-faktor yang menunjang keberlangsungan kehidupan dan pertumbuhan udang selain yang tersedia secara alami. Pencemaran lingkungan juga menjadi kendala sistem intensif ini sehingga jika dilakukan terus menerus akan menimbulkan pencemaran lingkungan yang berakibat menurunkan hasil produksi. Penambahan factor-faktor penunjang dan pengolahan limbah tersebutlah yang menjadikan pengolahan lahan dengan sistem intensif lebih mahal.

Berbeda dengan sistem intensif, sistem ekstensif hanya ditambahkan pakan dan sesekali diberikan pupuk saja itupun tidak bergantung pada jumlah udang ditambak. Bibit udang yang semakin besar mengakibatkan kebutuhan pakan yang semakin besar pula. Akibatnya persaingan antar individu udang untuk mendapatkan makanan dan oksigen akan semakin ketat sehingga proses pertumbuhan udang akan melambat bahkan terjadi kanibalisme. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dilakukan pemanenan parsial.

Pemanenan parsial merupakan pengambilan sebagian udang untuk mengurangi persaingan antar individu udang akibat volume yang terlalu padat. Dalam (Syah dkk, 2017) Tujuan panen parsial adalah (1) mengendalikan biomassa udang tidak melebihi batas daya dukung lingkungan tambak, (2) memberikan peluang udang yang tertinggal tumbuh secara lebih baik akibat adanya pengurangan kondisi berjejal dan menurunnya beban limbah sehingga udang hidup lebih nyaman. Metode pemanenan ini telah banyak diterapkan, namun pertimbangan terhadap jumlah volume udang yang akan dipanen dan waktu pemanenan itu sendiri masih sekedar kira-kira ataupun kebiasaan. Sehingga penulis merasa perlu menyelidiki waktu pemanenan parsial agar diperoleh hasil yang optimal.

1.2. Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model matematika pemanenan optimal budidaya udang vaname dengan skenario pemanenan parsial. Melalui penelitian ini, akan dibuat suatu model pertumbuhan udang yang dipengaruhi pemanenan parsial sehingga selanjutnya model tersebut dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan waktu pemanenan parsial.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama bulan november 2019. Penulisan artikel ini dilakukan dengan metode studi pustaka. Data yang digunakan diperoleh dari data sekunder. Estimasi parameter dilakukan dengan regresi nonlinier menggunakan software MAPLE dan menggunakan formula yang telah dipublikasikan. Setelah parameter yang diperlukan diperoleh, maka model dapat digunakan untuk menentukan waktu pemanenan optimal. Penelitian dirancang dilakukan pemanenan parsial sebanyak dua kali sebelum dilakukan pemanenan total. Pemeliharaan sebelum pemanenan parsial pertama dinamakan pemeliharaan periode pertama, pemeliharaan antara pemanenan parsial pertama dan kedua sebagai periode kedua dan pemeliharaan setelah pemanenan parsial kedua sebagai periode ketiga. Sebagai pembanding, juga dibuat skenario pemanenan tunggal.

Penelitian ini mengasumsikan setiap pertumbuhan biomassa/bobot udang vaname menggunakan model pertumbuhan logistik.

2.2. Analisis Data

Biomassa merupakan total keseluruhan berat dari suatu populasi sehingga dipengaruhi berat rata-rata individu dan jumlah populasinya. Secara matematis dapat ditulis sebagai,

$$B(t) = W(t) \cdot N(t) \tag{1}$$

dimana

$B(t)$: Biomassa total saat t .

$W(t)$: Rata-rata berat individu saat t .

$N(t)$: Jumlah individu saat t .

Berat rata-rata individu dapat dikaitkan dengan perubahan rata-rata volume udang. Sedangkan perubahan volume sangat dipengaruhi perubahan panjang (L), sehingga dapat dituliskan dalam persamaan,

$$W(t) = b (L(t))^3$$

Formula tersebut juga menunjukkan kaitan antara bobot dengan panjang udang vanami per individu. Menggunakan persamaan pertumbuhan panjang Von Bertalanffy, maka diperoleh

$$W(t) = b (L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})^3$$

dimana L_{∞} merupakan panjang pertumbuhan maksimum dan k menyatakan koefisien pertumbuhan. Dengan mensubstitusikan nilai $b L_{\infty}^3 = W_{\infty}$ yang menyatakan pertumbuhan berat maksimum, maka diperoleh persamaan,

$$W(t) = W_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})^3 \quad (2)$$

Parameter W_{∞} juga dapat dihitung dengan $W_{\infty} = \frac{W_{maksimum}}{0,95}$ menurut formula Pauly (1984).

Menurut Beverton dan Holt (1957), parameter pertumbuhan dapat dihubungkan dengan angka mortalitas. Dari Sulanjari (2008), angka mortalitas berbanding terbalik terhadap ukurannya sehingga perubahan pertumbuhan populasi menjadi,

$$\frac{dN(t)}{dt} = N(t) \left(-\frac{A}{L(t)} - M \right)$$

dimana:

A : koefisien panjang dengan mortalitas,

M : angka mortalitas alami

Dengan asumsi tidak ada penyebab kematian lain. Laju mortalitas alami M dapat dihitung melalui formula Pauly (1980),

$$\log M = -0.2107 - 0.0824 \log W_{\infty} + 0.6757 \log k - 0.4687 \log T$$

Dengan diberikan kondisi awal $N_0 = N(0)$ menyatakan jumlah populasi awal, maka diperoleh solusi khusus,

$$N(t) = N_0 \exp \left(-\frac{A}{k L_{\infty}} \left[\ln \left(\frac{e^{k(t-t_0)} - 1}{e^{-kt_0} - 1} \right) \right] - Mt \right) \quad (3)$$

Substitusikan persamaan (2) dan (3) ke persamaan (1) akan diperoleh model pertumbuhan biomassa berikut,

$$B(t) = W_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})^3 N_0 \exp \left(-\frac{A}{k L_{\infty}} \left[\ln \left(\frac{e^{k(t-t_0)} - 1}{e^{-kt_0} - 1} \right) \right] - Mt \right) \quad (4)$$

Untuk dapat mengetahui masa pemanenan optimal maka perlu diketahui laju pertumbuhan biomassa. Dari persamaan (1) kita dapat mengetahui laju pertumbuhan biomassa terhadap waktu adalah,

$$\frac{dB(t)}{dt} = W(t) \cdot \frac{dN(t)}{dt} + N(t) \cdot \frac{dW(t)}{dt}$$

Dengan menjadikan $\frac{dB(t)}{dt} = 0$ maka akan diperoleh waktu pemanenan optimal.

Selanjutnya perlu dilakukan estimasi parameter untuk melengkapi model. Adapun parameter-parameter yang diperlukan adalah $A, M, L_{\infty}, W_{\infty}, k, t_0$.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini digunakan dua sumber data sekunder yang berbeda untuk mendapatkan waktu pemanenan optimal untuk pemanenan parsial pertama, kedua dan pemanenan total. Hal tersebut mengingat bahwa laju pertumbuhan juga bergantung pada umur (Beverton & Holt 1957). Untuk penentuan pemanenan parsial pertama digunakan data pada Tabel 1, sedangkan untuk estimasi parameter periode kedua dan ketiga digunakan data pada Tabel 2.

Tabel 1. Pertumbuhan biomassa udang vaname periode pertama

Waktu budidaya (hari ke-)	0	6	12	18	24	30
Biomassa (gr)	0,05	0,147	0,313	0,516	0,738	0,996

Note: data bersumber dari Edward Nababan dkk

Tabel 2. Pertumbuhan biomassa udang vaname periode kedua dan ketiga

Waktu budidaya (hari ke-)	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112
Biomassa (gr)	1,6	2,3	3,3	5,6	5,83	7,8	9,1	10,4	12,7	15,3	16,3	18,8

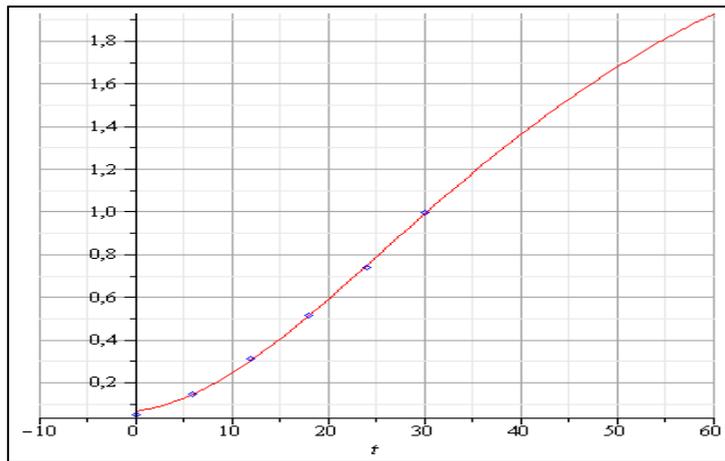
Note: data bersumber dari Luqman Hakim dkk, 2018

3.1. Pemanenan Parsial

3.1.1. Periode Pertama

Dengan regresi nonlinier menggunakan software MAPLE diperoleh persamaan fungsi pendekatan beserta grafiknya berikut, $W(t) = 0.05 +$

$2.56(1 - e^{-0.035(t+5.6)})^3$, sehingga diperoleh parameter $W_{\infty} = 2.56, k = 0.035$ dan $t_0 = -5.6$. Untuk pertumbuhan panjang, digunakan data pada Tabel 3.



Gambar 1. Regresi nonlinier terhadap data tabel 1 menggunakan MAPLE

Tabel 3. Pertumbuhan panjang udang vaname periode pertama

Hari ke-	0	6	12	18	24	30
Panjang (cm)	1.62	2.685	3.557	4.358	5.162	5.978

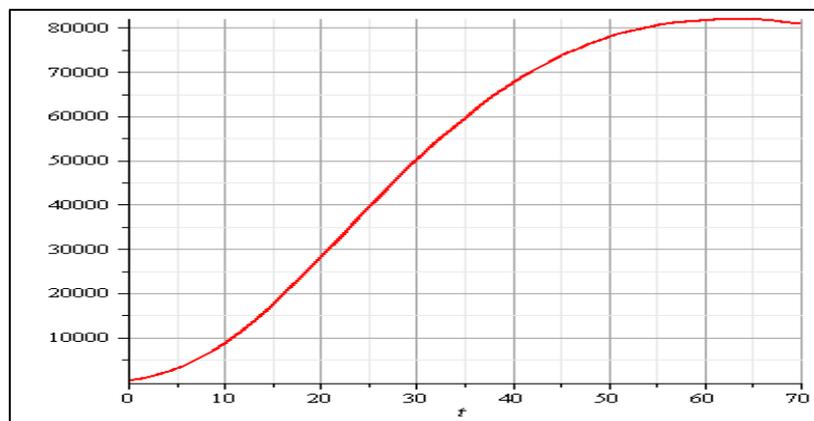
Note: data bersumber dari Edward Nababan dkk

Dengan cara yang sama diperoleh persamaan fungsi pendekatan pertumbuhan panjang yang menghasilkan parameter $L_{\infty} = 5.96$. Selanjutnya sebagaimana data yang diperoleh $A = -0.177$ dan $M = 1 - kelangsungan\ hidup = 1 - 0.957 = 0.0443$ serta dengan memilih $N_0 = 25000$ kemudian substitusikan parameter tersebut pada persamaan (4) diperoleh model biomassa periode pertama,

$$B(t) = 2.56(1 - e^{-0.035(t-(-5.6))})^3 - 25000 \exp\left(-\frac{-0.277}{0.035 \cdot 5.96} \left[\ln\left(\frac{e^{0.035(t-(-5.6))} - 1}{e^{-0.035(-5.6)} - 1}\right)\right] - 0.0443t\right)$$

$$B(t) = 2.56(1 - e^{-0.035(t-(-5.6))})^3 - 25000 \exp((5))$$

Dari persamaan model biomassa periode pertama (5) dibuat grafik dengan software MAPLE.



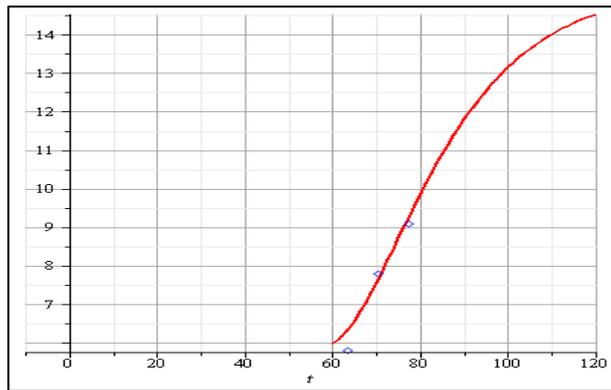
Gambar 2. Laju pertumbuhan biomassa total budidaya udang vaname

Pemanenan optimal dapat diperoleh dengan menerapkan $\frac{dB(t)}{dt} = 0$ maka akan diperoleh waktu pemanenan optimal adalah $t_{opt1} = 63$ dengan biomassa total $W(63) = 81962$ gr. Pada pemanenan parsial pertama dipanen kurang-lebih 30 Kg.

3.1.2. Periode kedua

Dengan cara yang sama menggunakan data budidaya hari ke-63 sampai hari ke-77, diperoleh persamaan fungsi pendekatan beserta grafiknya berikut,

$$W(t) = 5.83 + 9.43(1 - e^{-0.05(t-55)})^3$$

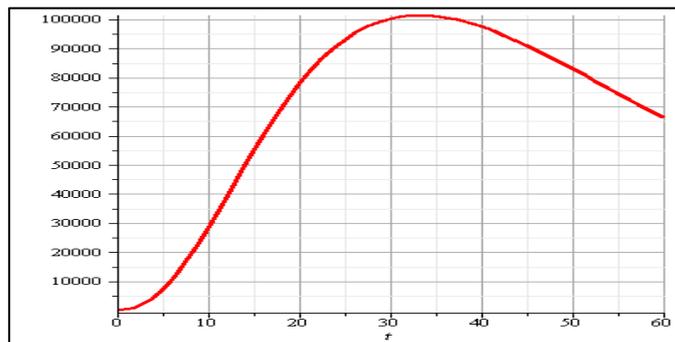


Gambar 3. Regresi nonlinier terhadap data tabel 2 dengan MAPLE

Jadi diperoleh parameter $W_{\infty} = 14.378$, $k = 0.0558$, $t_0 = -1$, $M = 0.1$, $L_{\infty} = 10.96$ dan $A = -0.18$. Karena telah dilakukan pemanenan parsial kurang lebih 30 Kg, maka dengan memperhatikan angka kematian diperoleh $N_0 = 16700$. Sehingga pertumbuhan biomassa periode kedua menjadi,

$$B(t) = 15.26(1 - e^{-0.0558(t-(-1))})^3 16700 \exp\left(-\frac{-0.18}{0.0558 \cdot 14.88} \left[\ln\left(\frac{e^{0.0558(t-(-1))}-1}{e^{-0.0558(-1)}-1}\right) \right] - 0.0433t\right) \quad (6)$$

Dengan menggunakan software MAPLE, persamaan (6) dapat dibuat grafik pertumbuhan biomassa,



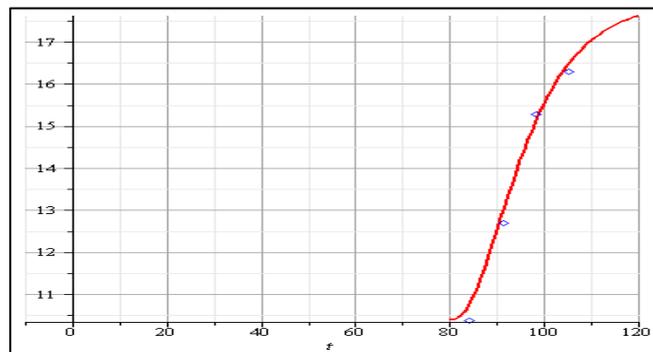
Gambar 4. Laju pertumbuhan biomassa total periode ke-dua

Pemanenan optimal dapat diperoleh dengan menerapkan $\frac{dB(t)}{dt} = 0$ kemudian dicari solusinya maka akan diperoleh waktu pemanenan optimal adalah $t_{opt2} = 33$ atau hari ke-33 dari pemanenan parsial pertama yaitu pada biomassa $W(33) = 101464$ gr.

3.1.3. Periode Ketiga

Menggunakan data budidaya hari ke-84 sampai hari ke-112, dengan cara yang sama diperoleh persamaan fungsi pendekatan beserta grafiknya berikut,

$$W(t) = 10.4 + 7.56(1 - e^{-0.105(t-80)})^3$$

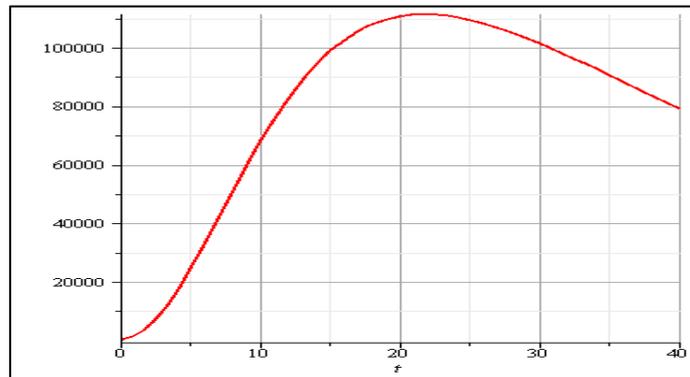


Gambar 5. Regresi nonlinier terhadap data tabel 2 menggunakan MAPLE

Jadi diperoleh parameter $W_{\infty} = 17.96, k = -0.18$. Sehingga model pertumbuhan biomassa $0.105, t_0 = -1, M = 0.0443, L_{\infty} = 15.69$ dan $A =$ periode kedua menjadi,

$$B(t) = 17.9(1 - e^{-0.105(t-(-1))})^3 1338 \exp\left(-\frac{-0.18}{0.105 \cdot 15.69} \left[\ln\left(\frac{e^{0.105(t-(-1))}-1}{e^{-0.105(-1)}-1}\right)\right] - 0.0443t\right) \quad (7)$$

Dengan menggunakan software MAPLE, persamaan (7) dapat dibuat grafik pertumbuhan biomassa,

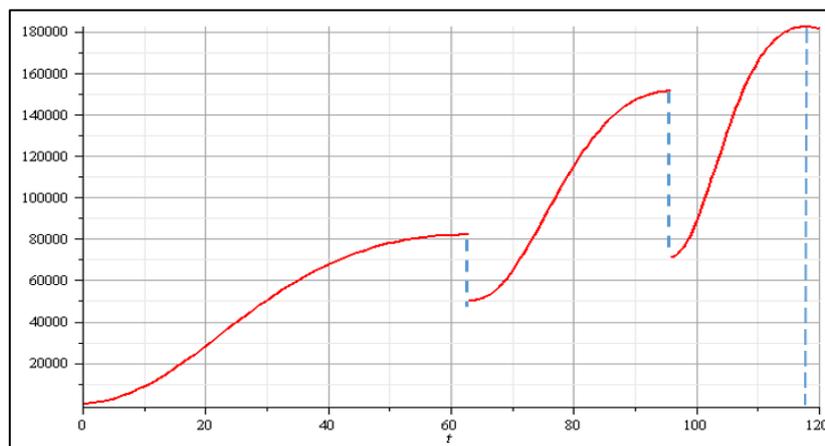


Gambar 6. Grafik pertumbuhan biomassa total periode ketiga

Pemanenan optimal dapat diperoleh dengan menerapkan $\frac{dB(t)}{dt} = 0$ kemudian dicari solusinya maka akan diperoleh waktu pemanenan optimal adalah $t_{opt2} = 21$ atau hari ke-21 dari pemanenan parsial kedua yaitu pada biomassa $W(21) = 111359$.

3.1.4. Total Biomassa

Dengan menggabungkan grafik periode pertama sampai terakhir akan diperoleh grafik pertumbuhan biomassa udang vaname yang dipengaruhi adanya pemanenan sebagaimana gambar berikut,



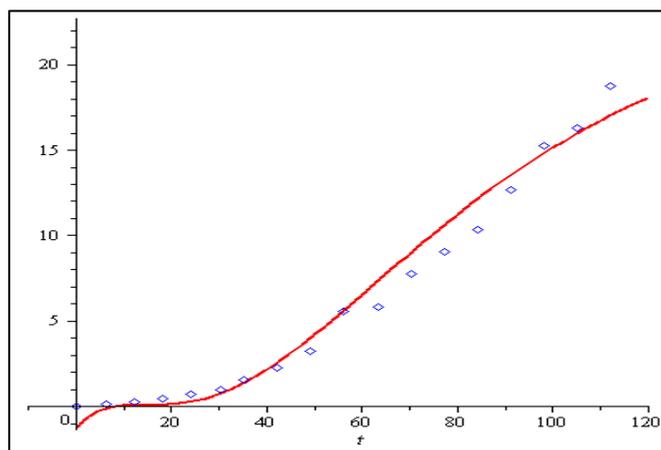
Gambar 7. Grafik pertumbuhan biomassa mulai dari awal budidaya sampai pemanenan total dengan dua kali pemanenan parsial.

Garis biru menunjukkan adanya pemanenan parsial. Total Biomassa pemanenan parsial menghasilkan $31962 + 81464 + 181359 = 294785$ gr.

Langkah yang akan diambil untuk merencanakan pemanenan tunggal dilakukan dengan melakukan regresi nonlinier menggunakan software MAPLE terhadap data tersebut,

$$W(t) = 0.05 + 23.89(1 - e^{-0.023(t-(-14.22))})^3$$

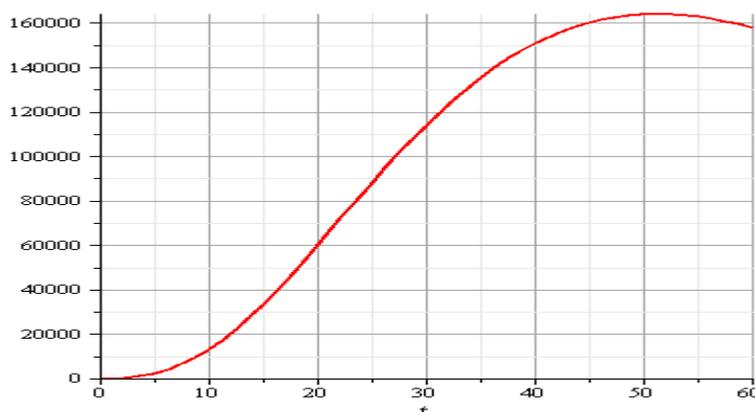
3.2 Pemanenan Tunggal



Gambar 8. Regresi nonlinier terhadap data tabel 2 menggunakan MAPLE

Sehingga diperoleh parameter $W_{\infty} = 23.89$, $k =$ tersebut, didapatkan model pertumbuhan 0.022 , $L_{\infty} = 17.28$, $t_0 = -1$, $A = -177$ dan $W_{\infty} =$ biomassa, 23.89 serta $N_0 = 25000$. dengan parameter

$$B(t) = 23.89(1 - e^{-0.022(t-(-1))})^3 25000 \exp\left(-\frac{-0.177}{0.022 \cdot 17.28} \left[\ln\left(\frac{e^{0.022(t-(-1))} - 1}{e^{-0.022(-1)} - 1}\right)\right] - 0.0443t\right)$$



Gambar 9. Grafik pertumbuhan biomassa total dengan dkenario pemanenan tunggal

Dengan menjadikan $\frac{dW}{dt} = 0$ maka akan diperoleh pemanenan optimal terjadi pada hari ke $t_{opt} = 52.4$ atau hari ke-51 dengan bobot biomassa $W(52) = 165571.5$ gram.

IV. PENUTUP

Dari hasil pembahasan diperoleh hasil bahwasannya dengan skenario pemanenan parsial diperoleh hasil yang lebih banyak 78% lebih banyak dari pada skenario pemanenan tunggal. Hal ini sejalan dengan hasil yang telah dipraktekkan oleh masyarakat. Penelitian ini juga menunjukkan model pertumbuhan biomassa udang vaname ini dapat digunakan untuk

menentukan waktu pemanenan parsial. Pemanenan parsial dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu $A, M, L_{\infty}, W_{\infty}, k$ dan t_0 .

UCAPAN TERIMA KASIH.

Ucapan terimakasih kami ucapkan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jendral Penguatan Riset dan Pengembangan, Kemenristekdikti yang telah membiayai penelitian ini di tahun anggaran 2019. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berjasa dalam penulisan dan penerbitan artikel ini.

REFERENSI

- Beverton, R. J.H., dan Holt, S.J., 1957, *On The Dynamic of Exploited Fish Populations*. MAFF, Fish. Invest. Ser. Vol. 19, 553 pp.**
- Mangampa, Marcus dkk., 2014. *Petunjuk Teknis Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Pola Ekstensif Plus Melalui Aplikasi Probiotik dan Pergiliran Pakan*, Balai Penelitian dan pengembangan budidaya air payau, Maros.**
- Nababan, Edward, dkk. *Pemeliharaan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan Persentase Pemberian Pakan yang Berbeda*. Diakses dari media.neliti.com**
- Nuhman, 2009, *Pengaruh Prosentase Pemberian Pakan Terhadap Kelangsungan Hidup dan Laju Pertumbuhan Udang Vannamei (*Litopenaeus Vannamei*)*, Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan Vol. 1, No. 2, Surabaya.**
- Pauly D. David N. (1980), *An Objective Methods for Determining Fish Growth from Length Frequency Data*, ICLARM Newsletter 3 : 13 – 15**
- Yu, R., Leung, P.S., .2006. *Optimal partial harvesting schedule for aquaculture*. Marine Resource Economics 21, 301–315.**