



## **OPTIMASI PEMUPUKAN ORGANIK DAN SISTEM RESIRKULASI UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI BIOMASSA *TUBIFEX SP.* SEBAGAI PAKAN ALAMI BERKELANJUTAN**

**Mafrukhatul Mabruroh<sup>1</sup>, Pungky Slamet Wisnu Kusuma<sup>1\*</sup>, Dyah Hariani<sup>2</sup>, Erika Saraswati<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Teknologi dan Sains, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

<sup>2</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

<sup>3</sup>Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Pertanian dan Perikanan, Universitas 17 Agustus 1945 Banyuwangi

\*Email: [pungky@unipasby.ac.id](mailto:pungky@unipasby.ac.id)

### **Abstrak**

*Tubifex* sp. dikenal sebagai pakan alami bernilai tinggi dalam akuakultur karena kandungan proteinnya tinggi dan sangat baik untuk pertumbuhan larva ikan. Namun demikian, ketersediaannya masih sangat bergantung pada hasil tangkapan alam dan seringkali menyebabkan ketidakstabilan pasokan serta potensi risiko kontaminasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas berbagai dosis pupuk kotoran ayam yang dikombinasikan dengan sistem resirkulasi dalam meningkatkan produksi biomassa *Tubifex* sp. pada kondisi terkontrol. Metode eksperimen Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan lima kali ulangan, yaitu P0 (kontrol), P1 (500 g/0,098 m<sup>2</sup>), P2 (1000 g/0,098 m<sup>2</sup>), dan P3 (1500 g/0,098 m<sup>2</sup>). Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan biomassa, tingkat kelangsungan hidup (*Survival Rate/SR*), rasio konversi pakan (*Feed Conversion Ratio/FCR*), serta kualitas air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk kotoran ayam berpengaruh nyata pada produksi biomassa ( $P < 0,05$ ), hasil tertinggi dicapai P3. Peningkatan input bahan organik mampu meningkatkan ketersediaan mikroorganisme yang berperan sebagai sumber pakan utama bagi *Tubifex* sp. Hasil pengukuran kualitas air selama penelitian berada dalam kisaran optimal, hal ini menunjukkan bahwa sistem resirkulasi mampu menjaga stabilitas kualitas air secara efektif. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi pemupukan organik dan teknologi resirkulasi merupakan strategi yang layak dan aplikatif untuk meningkatkan produksi pakan alami secara berkelanjutan dalam sistem akuakultur.

**Kata kunci:** *Biomassa, Pupuk Kotoran Ayam, Pakan Alami, Resirkulasi, Tubifex sp.*

## **OPTIMIZING ORGANIC FERTILIZATION AND RECIRCULATION SYSTEMS FOR ENHANCED BIOMASS PRODUCTION OF TUBIFEX SP. AS SUSTAINABLE LIVE FEED**

### **Abstract**

*Tubifex is recognized as a high-value natural feed in aquaculture due to its high protein content and its excellent suitability for the growth of fish larvae. However, its availability still heavily depends on wild harvesting, which often leads to unstable supply and potential contamination risks. This study aimed to evaluate the effectiveness of different doses of chicken manure fertilizer combined with a recirculation system in enhancing the biomass production of Tubifex under controlled conditions. The study employed an experimental method using a Completely Randomized Design (CRD) with four treatments and five replications: P0 (control), P1 (500 g/0.098 m<sup>2</sup>), P2 (1000 g/0.098 m<sup>2</sup>), and P3 (1500 g/0.098 m<sup>2</sup>). The observed parameters included biomass growth, survival rate (SR), feed conversion ratio (FCR), and water quality. The results showed that the application of chicken manure fertilizer had a significant effect on biomass production ( $P < 0.05$ ), with the highest yield obtained in treatment P3. Increased organic matter input enhanced the availability of microorganisms that serve as the primary food source for Tubifex. Water quality measurements throughout the study remained within the optimal range, indicating that the recirculation system effectively maintained water quality stability. These findings confirm that integrating organic fertilization and recirculation technology is a feasible and applicable strategy for sustainably increasing natural feed production in aquaculture systems.*

**Key word:** Biomass, Chicken Manure Fertilizer, Live Feed, Recirculation System, Tubifex sp.

### **PENDAHULUAN**

Perkembangan pesat sektor akuakultur global telah meningkatkan kebutuhan akan pakan alami berkualitas tinggi, terutama pada fase awal kehidupan ikan, dimana pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup sangat bergantung pada ketersediaan nutrisi yang mudah dicerna dan seimbang. Studi terbaru menunjukkan bahwa pakan alami memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi, aktivitas enzim pencernaan, serta respons makan larva dibandingkan dengan pakan buatan (Hamre *et al.*, 2013; Boyd, 2021; El-Sayed, 2022). Oleh karena itu, ketersediaan pakan alami yang stabil dan berkualitas menjadi faktor kunci dalam keberhasilan produksi benih pada sistem *hatchery* modern.

Di antara berbagai jenis pakan alami, *Tubifex sp.* merupakan salah satu organisme yang banyak digunakan dalam akuakultur air tawar karena memiliki kandungan protein tinggi, tekstur tubuh yang lunak, serta tingkat palatabilitas yang baik bagi larva ikan. Selain itu, profil nutrisinya yang kaya akan asam amino esensial dan lipid menjadikannya sangat efektif dalam mendukung pertumbuhan awal organisme akuatik (Herawati *et al.*, 2021;

Putra *et al.*, 2022). Namun demikian, ketersediaan *Tubifex sp.* hingga saat ini masih sangat bergantung pada hasil tangkapan dari alam, sehingga menimbulkan berbagai permasalahan seperti fluktuasi pasokan, risiko kontaminasi logam berat dan patogen, serta rendahnya jaminan kualitas produk (FAO, 2022; Lobo *et al.*, 2023). Kondisi ini menjadi tantangan serius dalam pengembangan akuakultur berkelanjutan, khususnya pada sistem intensif yang membutuhkan suplai pakan alami secara kontinu.

Produksi *Tubifex sp.* dalam sistem budidaya sangat dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik sebagai sumber energi utama dalam rantai trofik detritus. Bahan organik seperti kotoran ayam, limbah pertanian, dan residu agroindustri berfungsi sebagai substrat bagi pertumbuhan mikroorganisme, termasuk bakteri dan protozoa, yang selanjutnya menjadi sumber pakan alami bagi cacing (Kumar *et al.*, 2022; Emerenciano *et al.*, 2022). Pendekatan berbasis bahan organik dan mikroba ini telah terbukti mampu meningkatkan produktivitas sistem akuakultur melalui peningkatan ketersediaan nutrisi terlarut dan efisiensi siklus nutrisi (Bossier & Ekasari, 2022). Namun demikian, peningkatan bahan organik yang tidak terkontrol dapat menyebabkan akumulasi senyawa toksik seperti amonia, nitrit, dan hidrogen sulfida, serta menurunkan kadar oksigen terlarut yang berdampak negatif terhadap organisme budidaya (Boyd, 2021; Zhang *et al.*, 2023). Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan lingkungan yang mampu menjaga keseimbangan antara input bahan organik dan stabilitas kualitas air.

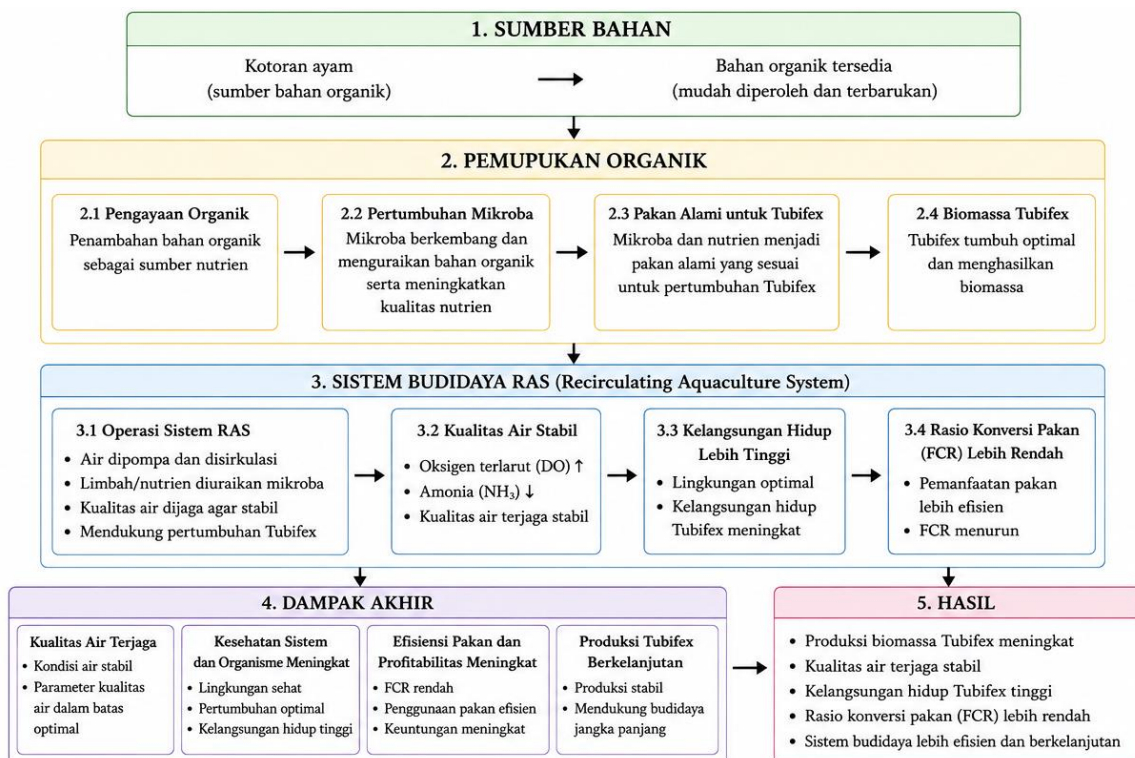
Sistem resirkulasi akuakultur (*recirculating aquaculture system*, RAS) merupakan salah satu teknologi yang efektif dalam menjaga kualitas air melalui proses filtrasi mekanik dan biologis, sehingga mampu mengendalikan akumulasi limbah dan mempertahankan parameter lingkungan dalam kisaran optimal (Martins *et al.*, 2022; Malone & Pfeiffer, 2022). RAS juga memungkinkan peningkatan kepadatan produksi tanpa mengorbankan stabilitas ekosistem budidaya. Integrasi antara pemupukan organik dan sistem RAS dilaporkan dapat menciptakan efek sinergis, yaitu meningkatkan ketersediaan nutrisi melalui aktivitas mikroba sekaligus menjaga kualitas air tetap stabil melalui proses biofiltrasi (Ekasari *et al.*, 2022; Lobo *et al.*, 2023). Pendekatan ini sejalan dengan konsep akuakultur berkelanjutan yang menekankan efisiensi sumber daya dan minimisasi dampak lingkungan.

Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji interaksi antara dosis bahan organik dan sistem resirkulasi terhadap performa produksi *Tubifex sp.* masih relatif terbatas. Sebagian besar studi sebelumnya lebih berfokus pada optimasi nutrisi atau

sistem budidaya secara terpisah, tanpa mengevaluasi efek integratif dari kedua faktor tersebut dalam satu sistem produksi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kombinasi dosis kotoran ayam dan sistem resirkulasi terhadap pertumbuhan biomassa, efisiensi pemanfaatan pakan, tingkat kelangsungan hidup, serta kualitas air dalam budidaya *Tubifex sp.*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan sistem produksi pakan alami yang lebih efisien, stabil, dan berkelanjutan dalam mendukung industri akuakultur modern.

## METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian dilaksanakan pada 1 Maret–21 Mei 2018 di Laboratorium Budidaya Perikanan, Universitas Adi Buana Surabaya. Media yang digunakan meliputi: lumpur sawah, dedak halus, ampas tahu, kotoran ayam dan EM4. Bahan utama adalah cacing sutera (*Tubifex sp.*). Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan 4 perlakuan dan 5 ulanga yaitu P0: tanpa pupuk kotoran ayam, P1: 500 g/0,098 m<sup>2</sup>, P2: 1000 g/0,098 m<sup>2</sup>, P3: 1500 g/0,098 m<sup>2</sup>. Parameter pengamatan yaitu pertumbuhan biomassa mutlak, kelangsungan hidup (*Survival Rate*), rasio konversi pakan (FCR) dan kualitas air (suhu, pH, DO). Data dianalisis menggunakan ANOVA pada taraf kepercayaan 95% ( $\alpha = 0,05$ ). Jika terdapat perbedaan nyata, dilanjutkan dengan uji lanjut.



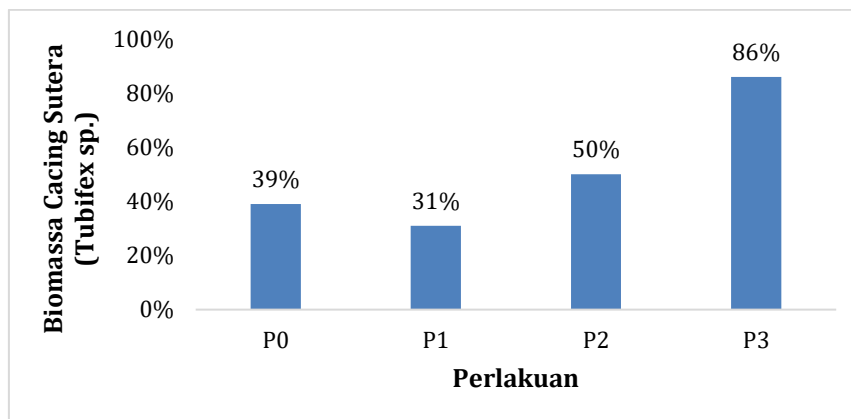
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## HASIL

Pengamatan biomassa cacing sutera dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk kotoran ayam pada media budidaya terhadap peningkatan pertumbuhan dan produksi biomassa. Pengukuran biomassa dilakukan pada setiap perlakuan selama masa pemeliharaan dengan lima kali ulangan. Hasil pengamatan biomassa cacing sutera pada perlakuan P0, P1, P2, dan P3 disajikan pada Tabel 1 dan gambar 2.

**Tabel 1.** Biomassa Cacing Sutera (*Tubifex* sp.)

Ulangan	Biomassa (g)			
	P0	P1	P2	P3
1	30	60	70	90
2	25	67	73	87
3	37	70	72	94
4	34	64	78	98
5	27	66	81	95
<b>Jumlah</b>	<b>153</b>	<b>327</b>	<b>374</b>	<b>464</b>
<b>Rata - rata</b>	<b>30,6</b>	<b>65,4</b>	<b>74,8</b>	<b>92,8</b>



**Gambar 2.** Biomassa Cacing Sutera (*Tubifex* sp.)

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 2, biomassa cacing sutera menunjukkan perbedaan pada setiap perlakuan. Perlakuan P0 (tanpa pupuk kotoran ayam) menghasilkan biomassa rata-rata terendah yaitu 30,6 g, sedangkan perlakuan P3 (1500 g pupuk kotoran ayam/0,098 m<sup>2</sup>) menghasilkan biomassa tertinggi yaitu 92,8 g. Perlakuan P1 dan P2 menghasilkan biomassa masing-masing sebesar 65,4 g dan 74,8 g.

Peningkatan biomassa pada perlakuan dengan penambahan pupuk kotoran ayam diduga karena kandungan bahan organik mampu mendukung pertumbuhan

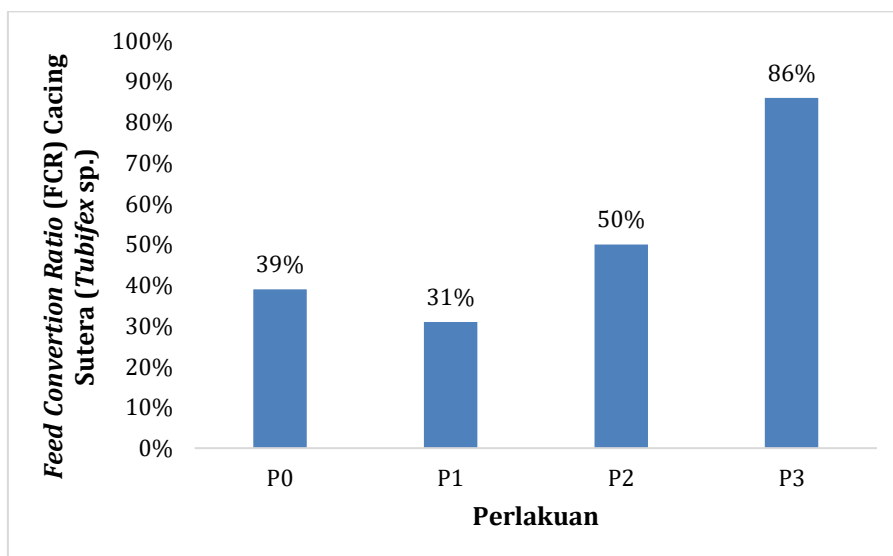
mikroorganisme sebagai sumber nutrisi bagi cacing sutera. Semakin tinggi dosis pupuk yang diberikan, semakin tinggi pula biomassa yang dihasilkan, dengan perlakuan terbaik yaitu P3.

### Feed Conversion Ratio (FCR)

Rasio konversi pakan (*Feed Conversion Ratio/FCR*) merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat efisiensi pemanfaatan pakan selama pemeliharaan. Nilai FCR diperoleh dari perbandingan antara jumlah pakan yang diberikan dengan penambahan biomassa cacing sutera yang dihasilkan. Semakin rendah nilai FCR menunjukkan semakin efisien pakan yang dimanfaatkan untuk meningkatkan biomassa. Hasil pengamatan rasio konversi pakan pada perlakuan P0, P1, P2, dan P3 disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 3.

**Tabel 2.** *Feed Conversion Ratio (FCR) Cacing Sutera (Tubifex sp.)*

Ulangan	Feed Conversion Ratio			
	P0	P1	P2	P3
1	0,5	1	0,5	0,25
2	0,4	0,6	0,4	0,27
3	0,76	0,5	0,4	0,22
4	0,63	0,7	0,3	0,20
5	0,43	0,6	0,3	0,22
<b>Jumlah</b>	<b>2,72</b>	<b>3,4</b>	<b>1,9</b>	<b>1,16</b>
<b>Rata - rata</b>	<b>0,544</b>	<b>0,68</b>	<b>0,38</b>	<b>0,232</b>
<b>FCR</b>	<b>0,544%</b>	<b>0,68%</b>	<b>0,38%</b>	<b>0,232%</b>



**Gambar 3.** *Feed Conversion Ratio (FCR) Cacing Sutera (Tubifex sp.)*

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 3, nilai rasio *FCR* menunjukkan perbedaan pada setiap perlakuan. Perlakuan P0 menghasilkan nilai *FCR* rata-rata sebesar 0,544, P1 sebesar 0,68, P2 sebesar 0,38, dan nilai *FCR* terendah diperoleh pada perlakuan P3 yaitu sebesar 0,232.

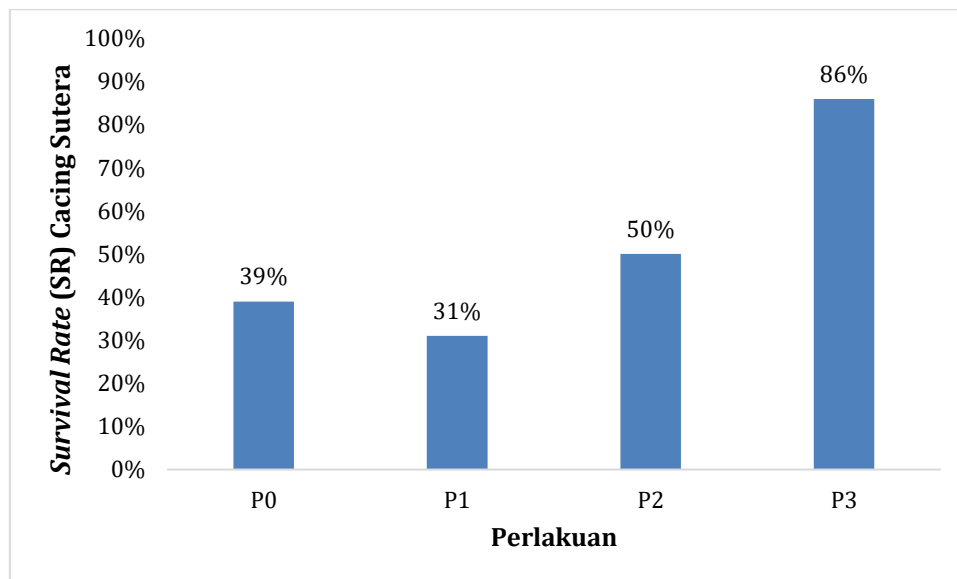
Nilai *FCR* terendah pada perlakuan P3 menunjukkan bahwa pemberian pupuk kotoran ayam dengan dosis 1500 g/0,098 m<sup>2</sup> menghasilkan pemanfaatan pakan yang lebih efisien dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini diduga karena ketersediaan bahan organik pada media mampu meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme yang menjadi sumber nutrisi bagi cacing sutera, sehingga penambahan biomassa lebih tinggi dengan jumlah pakan yang lebih optimal.

### ***Survival Rate (SR)***

Kelangsungan hidup (*Survival Rate/SR*) merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kemampuan bertahan hidup cacing sutera selama masa pemeliharaan. Nilai *SR* menunjukkan persentase jumlah individu yang mampu bertahan hidup hingga akhir pemeliharaan pada setiap perlakuan. Hasil pengamatan kelangsungan hidup cacing sutera pada perlakuan P0, P1, P2, dan P3 disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 4.

**Tabel 3.** *Survival Rate* Cacing Sutera (%)

Ulangan	<i>Survival rate</i>			
	P0	P1	P2	P3
1	40	20	40	80
2	50	34	46	74
3	26	40	44	88
4	32	28	56	96
5	45	32	62	90
<b>Jumlah</b>	<b>193</b>	<b>154</b>	<b>248</b>	<b>428</b>
<b>Rata - rata</b>	<b>38,6</b>	<b>30,8</b>	<b>49,6</b>	<b>85,6</b>
<b>SR</b>	<b>39%</b>	<b>31%</b>	<b>50%</b>	<b>86%</b>



**Gambar 4.** *Survival Rate Cacing Sutera*

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 4, nilai kelangsungan hidup cacing sutera menunjukkan perbedaan pada setiap perlakuan. Perlakuan P0 (tanpa pupuk kotoran ayam) memiliki nilai SR rata-rata sebesar 38,6%, sedangkan P1 sebesar 30,8%. Perlakuan P2 menghasilkan nilai SR sebesar 49,6%, dan nilai kelangsungan hidup tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 yaitu sebesar 85,6%.

Tingginya nilai SR pada perlakuan P3 diduga karena penambahan pupuk kotoran ayam mampu menyediakan bahan organik dan nutrisi yang mendukung kondisi media pemeliharaan serta pertumbuhan *Tubifex* sp. Perlakuan dengan dosis pupuk yang lebih tinggi memberikan lingkungan yang lebih sesuai sehingga mampu meningkatkan kemampuan bertahan hidup cacing sutera. Dengan demikian, perlakuan P3 merupakan perlakuan terbaik karena menghasilkan tingkat kelangsungan hidup tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

## **PEMBAHASAN**

### **Pertumbuhan Biomassa *Tubifex* sp.**

Studi terbaru menunjukkan bahwa sistem budidaya berbasis bahan organik mampu meningkatkan produktivitas organisme bentik melalui stimulasi komunitas mikroba dan peningkatan ketersediaan nutrisi terlarut (Kumar *et al.*, 2022; Emerenciano *et al.*, 2022). Dengan demikian, semakin tinggi dosis bahan organik, semakin besar pula dukungan terhadap rantai trofik mikroba yang mempercepat pertumbuhan biomassa. Selain itu, proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme menghasilkan senyawa sederhana seperti asam amino, asam lemak, dan nutrisi terlarut lainnya yang

lebih mudah diserap oleh organisme benthik (Lobo *et al.*, 2023; Ahmad *et al.*, 2023). Kondisi ini meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi dan mempercepat akumulasi biomassa.

Penelitian terkini juga menunjukkan bahwa interaksi antara bahan organik dan komunitas mikroba memainkan peran kunci dalam meningkatkan produktivitas sistem akuakultur berbasis detritus (*detritus-based system*) (Bossier & Ekasari, 2022). Peningkatan biomassa pada perlakuan dengan dosis kotoran ayam yang lebih tinggi juga dapat dikaitkan dengan peningkatan aktivitas biologis dalam media, termasuk reproduksi *Tubifex sp.* Pada kondisi lingkungan yang kaya nutrisi, cacing sutera mampu mencapai kematangan seksual lebih cepat dan meningkatkan laju reproduksi, sehingga terjadi penambahan jumlah individu yang berkontribusi langsung terhadap peningkatan biomassa (Wang, *et al.*, 2021). Hal ini sejalan dengan temuan bahwa ketersediaan pakan dan kualitas lingkungan merupakan faktor utama yang mengontrol pertumbuhan dan reproduksi organisme benthik (Tran, *et al.*, 2023).

Selain faktor nutrisi alami, pemberian pakan tambahan seperti ampas tahu juga berkontribusi dalam mendukung pertumbuhan *Tubifex sp.* Pakan organik ini mengandung protein dan energi yang cukup untuk menunjang metabolisme dan reproduksi cacing. Kombinasi antara pakan tambahan dan ketersediaan pakan alami dari mikroorganisme menciptakan kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan biomassa secara berkelanjutan (Putra *et al.*, 2022). Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk kotoran ayam secara signifikan meningkatkan biomassa *Tubifex sp.* melalui mekanisme pengayaan bahan organik, stimulasi pertumbuhan mikroorganisme, peningkatan ketersediaan nutrisi, serta percepatan reproduksi. Temuan ini memperkuat konsep bahwa sistem budidaya berbasis bahan organik dan mikroba merupakan pendekatan efektif untuk meningkatkan produktivitas organisme akuatik secara berkelanjutan.

### **Feed Conversion Ratio (FCR)**

Penurunan nilai FCR ini mengindikasikan peningkatan efisiensi pemanfaatan nutrisi, dimana organisme mampu mengonversi pakan menjadi biomassa secara lebih optimal (Abdel-Tawwab *et al.*, 2021; Dawood. 2021). Peningkatan efisiensi tersebut diduga berkaitan erat dengan tingginya kandungan bahan organik dalam kotoran ayam yang mampu merangsang pertumbuhan mikroorganisme. Mikroorganisme ini selanjutnya berperan sebagai sumber pakan alami, sehingga memperkaya ketersediaan nutrisi dalam lingkungan kultur (Hargreaves, 2022; Kumar, *et al.* 2022). Dengan demikian, organisme

tidak hanya bergantung pada pakan tambahan, tetapi juga memanfaatkan sumber nutrisi alami yang lebih mudah dicerna dan memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi (Ahmad, *et al.* 2023). Nilai FCR yang lebih rendah pada dosis pupuk lebih tinggi menunjukkan bahwa ketersediaan pakan alami semakin melimpah, maka energi yang dibutuhkan untuk proses pencernaan pakan menjadi lebih rendah. Kondisi ini secara langsung meningkatkan efisiensi konversi nutrisi menjadi biomassa (Emerenciano, *et al.*, 2022; Bossier dan Ekasari, 2022).

Selain itu, keberadaan komunitas mikroba juga berperan dalam proses dekomposisi bahan organik, yang menghasilkan senyawa nutrisi sederhana yang lebih mudah diserap oleh *Tubifex sp.*, sehingga mendukung pertumbuhan yang lebih optimal (Lobo, *et al.*, 2023). Secara konseptual, FCR merupakan rasio antara jumlah pakan yang dikonsumsi dengan pertambahan bobot biomassa dalam periode tertentu, sehingga menjadi indikator utama efisiensi produksi dalam sistem budidaya (Abdel-Tawwab, *et al.* 2021; Glencross, *et al.*, 2022). Nilai FCR rendah mencerminkan efisiensi pemanfaatan pakan yang tinggi, disini berarti sebagian besar energi yang dikonsumsi dapat dialokasikan untuk pertumbuhan, bukan untuk aktivitas metabolik yang tidak produktif (Aragon, *et al.*, 2021).

Sebaliknya, peningkatan nilai FCR tinggi umumnya menunjukkan adanya ketidakefisienan dalam sistem, baik akibat kualitas pakan yang rendah, kondisi lingkungan yang kurang optimal, maupun tingginya kebutuhan energi untuk aktivitas pemeliharaan (Dawood, 2021; Tran, *et al.*, 2023). Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa peningkatan bahan organik dalam media budidaya dapat meningkatkan ketersediaan pakan alami dan efisiensi pemanfaatan nutrisi (Hargreaves, 2022; Ekasari, *et al.*, 2022). Selain itu, nilai konversi pakan dipengaruhi oleh keseimbangan antara kandungan energi dan protein dalam pakan, serta tingkat konsumsi dan pertumbuhan organisme (Glencross, *et al.*, 2022). Oleh karena itu, kombinasi antara ketersediaan nutrisi yang tinggi dan kondisi lingkungan yang mendukung pada perlakuan P3 menjadi faktor utama yang menghasilkan nilai FCR terbaik dalam penelitian ini. Pada penelitian Mushocheh *et al.* (2023), adanya hubungan FCR dengan SR pada benih ikan nila GIFT berkisar 80-90%. Pada penelitian ini nilai dari FCR yang di pakan dari tepung azola sebesar 1,63-1,75 berpengaruh 80% sampai dengan 90% SR benih ikan nila GIFT dan penelitian Sofiana *et al.* (2023) menyatakan juga tentang penambahan tepung *E. cottoni* yang telah difermentasi dengan EM4 tidak berpengaruh

pada pertumbuhan tetapi mempengaruhi nilai rasio konversi pakan dan kelangsungan hidup yang lebih baik pada ikan nila.

### **Survival Rate (SR)**

Nilai *survival rate* (SR) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan ( $P > 0,05$ ), namun cenderung stabil dan tinggi pada seluruh perlakuan. Hasil ini menunjukkan bahwa seluruh kondisi media masih berada dalam kisaran toleransi fisiologis *Tubifex sp.*, sehingga tidak menimbulkan stres lingkungan yang berarti. Stabilitas SR ini sangat dipengaruhi oleh kualitas lingkungan budidaya yang terjaga dengan baik, terutama melalui penerapan sistem resirkulasi. Sistem resirkulasi diketahui mampu mempertahankan parameter kualitas air seperti oksigen terlarut, pH, dan akumulasi limbah organik tetap dalam batas optimal, sehingga mendukung kelangsungan hidup organisme akuatik (Badiola, *et al.*, 2021; Malone *et al.*, 2022).

Studi terbaru menunjukkan bahwa sistem resirkulasi (*recirculating aquaculture system*, RAS) dapat meningkatkan stabilitas lingkungan dan meminimalkan fluktuasi parameter air yang berpotensi menyebabkan stres dan mortalitas (Martins, *et al.*, 2022). Selain itu, penambahan bahan organik dari kotoran ayam tidak memberikan dampak negatif terhadap kelangsungan hidup, bahkan pada dosis yang lebih tinggi (P2 dan P3) cenderung menghasilkan nilai SR yang sedikit lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan dosis kotoran ayam masih berada dalam kapasitas asimilasi sistem, sehingga tidak menyebabkan penurunan kualitas air yang signifikan. Penelitian terkini melaporkan bahwa bahan organik dalam jumlah terkontrol dapat meningkatkan stabilitas ekosistem mikroba dan memperbaiki kualitas lingkungan melalui proses dekomposisi dan siklus nutrisi (Lobo, *et al.*, 2023; Emerenciano, *et al.*, 2022).

Keberadaan komunitas mikroorganisme dalam media juga berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Mikroorganisme tidak hanya berfungsi sebagai sumber pakan alami, tetapi juga berperan dalam proses bioremediasi dengan menguraikan senyawa organik dan mengurangi akumulasi senyawa toksik seperti amonia dan nitrit (Kumar, *et al.*, 2022). Dengan demikian, sistem budidaya berbasis bahan organik yang didukung oleh aktivitas mikroba dapat menciptakan lingkungan yang lebih stabil dan mendukung kelangsungan hidup organisme benthik. Tidak adanya mortalitas yang signifikan pada seluruh perlakuan juga menunjukkan bahwa *Tubifex sp.* memiliki toleransi yang cukup tinggi terhadap variasi kondisi lingkungan, selama parameter kualitas air tetap terjaga dalam kisaran optimal. Faktor-faktor seperti ketersediaan oksigen, suhu, dan

kualitas substrat merupakan determinan utama yang mempengaruhi kelangsungan hidup organisme benthik (Tran, *et al.*, 2023). Oleh karena itu, kombinasi antara sistem resirkulasi, ketersediaan bahan organik yang terkontrol, dan aktivitas mikroba menjadi faktor kunci dalam mempertahankan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk kotoran ayam tidak memberikan dampak negatif terhadap *survival rate*, melainkan tetap mempertahankan kondisi lingkungan yang stabil dan mendukung kehidupan *Tubifex sp.*. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem budidaya yang digunakan memiliki kapasitas yang baik dalam menjaga keseimbangan ekologis, sehingga mampu mendukung pertumbuhan tanpa mengorbankan kelangsungan hidup organisme. Pada penelitian yang dilakukan oleh Damis *et al.* (2024) bahwa pakan yang diberikan ke ikan mempengaruhi dari kelangsungan hidup ikan mas. Pakan A (PF 0) yang merupakan pakan komersial menunjukkan efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan pakan B berupa dedak dalam meningkatkan tingkat kelangsungan hidup benih ikan mas (*Cyprinus carpio*). Walaupun dedak memiliki harga yang lebih ekonomis, penggunaan pakan A menghasilkan performa yang lebih optimal sehingga lebih direkomendasikan untuk mendukung kegiatan budidaya ikan mas.

### **Kualitas Air**

Selama penelitian, parameter kualitas air berada dalam kisaran optimal, yaitu suhu 25–29°C, pH 7–8, dan oksigen terlarut (DO) 6,0–6,5 mg/L. Kisaran ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan masih sangat mendukung kehidupan dan pertumbuhan *Tubifex sp.*, serta berada dalam rentang toleransi organisme benthik pada sistem budidaya intensif (Boyd, 2021; El-Sayed, 2022). Stabilitas parameter kualitas air tersebut mengindikasikan bahwa sistem resirkulasi yang digunakan mampu mempertahankan keseimbangan lingkungan meskipun terjadi peningkatan beban bahan organik dari pupuk kotoran ayam. Sistem *recirculating aquaculture system* (RAS) diketahui memiliki kemampuan dalam mengontrol kualitas air melalui proses filtrasi mekanik dan biologis, sehingga mampu menurunkan akumulasi limbah organik serta menjaga konsentrasi oksigen terlarut tetap stabil (Martins, *et al.*, 2022; Malone dan Pfeiffer, 2022). Dengan demikian, fluktuasi parameter lingkungan yang berpotensi menyebabkan stres pada organisme dapat diminimalkan.

Selain itu, keberadaan bahan organik dalam media tidak hanya berpotensi meningkatkan beban limbah, tetapi juga berkontribusi positif melalui stimulasi aktivitas

mikroorganismenya. Mikroorganismenya berperan dalam proses dekomposisi bahan organik dan siklus nutrisi, yang secara tidak langsung membantu menjaga kualitas air melalui proses bioremediasi alami (Lobo, *et al.*, 2023; Kumar, *et al.*, 2022). Studi terbaru menunjukkan bahwa sistem budidaya berbasis bahan organik yang didukung oleh komunitas mikroba dapat meningkatkan stabilitas ekosistem perairan serta efisiensi pemanfaatan nutrisi (Emerenciano, *et al.*, 2022).

Nilai oksigen terlarut (DO) yang relatif tinggi ( $\geq 6$  mg/L) selama penelitian menunjukkan bahwa proses aerasi dan resirkulasi berjalan efektif dalam menjaga ketersediaan oksigen bagi organisme dan mikroorganismenya. Oksigen terlarut merupakan faktor kunci dalam mendukung proses metabolisme, respirasi, serta aktivitas mikroba dalam mendekomposisi bahan organik (Badiola, *et al.*, 2021). Sementara itu, kisaran pH netral hingga sedikit basa (7-8) merupakan kondisi optimal bagi aktivitas biologis dan stabilitas kimia perairan, termasuk dalam proses nitrifikasi dan mineralisasi nutrisi (Zhang, *et al.*, 2023). Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi antara pemupukan organik dan sistem resirkulasi memberikan efek sinergis dalam meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga stabilitas lingkungan. Sistem ini tidak hanya mampu mendukung pertumbuhan organisme melalui peningkatan ketersediaan nutrisi, tetapi juga menjaga kualitas air tetap dalam kondisi optimal, sehingga menciptakan keseimbangan antara produktivitas dan keberlanjutan sistem budidaya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pemberian pupuk kotoran ayam memberikan pengaruh terhadap biomassa, rasio konversi pakan (*Feed Conversion Ratio/FCR*), dan kelangsungan hidup (*Survival Rate/SR*) cacing sutera (*Tubifex* sp.). Perlakuan terbaik diperoleh pada P3 dengan dosis pupuk kotoran ayam 1500 g/0,098 m<sup>2</sup>, yang menghasilkan biomassa tertinggi sebesar 92,8 g, nilai FCR terendah sebesar 0,232, serta tingkat kelangsungan hidup tertinggi sebesar 86%. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk kotoran ayam mampu meningkatkan ketersediaan bahan organik dan nutrisi pada media sehingga mendukung pertumbuhan, efisiensi pemanfaatan pakan, serta kelangsungan hidup *Tubifex* sp.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Tawwab, M., et al. (2021) Feed utilization and growth performance in aquaculture species *Aquaculture Reports* 20: 100692 <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100692>
- Ahmad, I., et al. (2023) Natural food and microbial nutrition *Aquaculture Nutrition* 2023: 8856792 <https://doi.org/10.1155/2023/8856792>
- Aragón-Noriega, E.A., et al. (2021) Feed efficiency and growth performance indicators *Aquaculture Research* 52(6): 2403–2415 <https://doi.org/10.1111/are.15095>
- Badiola, M., et al. (2021) Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis *Aquacultural Engineering* 92: 102140 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102140>
- Bossier, P., Ekasari, J. (2022) Biofloc technology application in aquaculture systems *Reviews in Aquaculture* 14(1): 1–24 <https://doi.org/10.1111/raq.12509>
- Boyd, C. E. (2021). Water quality: An introduction for aquaculture. *Aquaculture*, 540, 736729. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736729>
- Damis, Rini S.P., Muh.Ramdhansyah, Muh.Sahlul. (2024) Analisis Pengaruh 2 Jenis Pakan Yang Berbeda Terhadap Kelangsungan Hidup Benih Ikan Mas. *Jurnar Lemuru*, 6(3), 73-81. <https://doi.org/10.36526/jl.v6i3>
- Dawood, M.A.O. (2021) Nutritional immunity and feed efficiency in aquaculture. *Aquaculture*. 540: 736742. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736742>
- Ekasari, J., Suprayudi, M. A., Wiyoto, W., Hazanah, R. F., Lenggara, G. S., Sulistiani, R., Alkahfi, M., & Zairin, M. (2022). Organic fertilization and biofloc technology integration in aquaculture systems. *Aquaculture*, 547, 737439. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737439>
- El-Sayed, A. F. M. (2022). Use of live feeds in aquaculture: Recent advances and future perspectives. *Aquaculture Research*, 53(4), 1235–1248. <https://doi.org/10.1111/are.15632>
- Emerenciano, M., et al. (2022) Biofloc technology: impact on growth and feed efficiency *Aquaculture* 548: 737638 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737638>
- FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards blue transformation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

- Glencross, B.D., et al. (2022) A review of nutrient requirements and feed efficiency Reviews in Aquaculture 14(2): 784–812. <https://doi.org/10.1111/raq.12602>
- Hargreaves, J.A. (2022) Biofloc production systems in aquaculture Aquaculture Engineering 96: 102217 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2021.102217>
- Herawati, V. E., Hutabarat, J., & Radjasa, O. K. (2021). Nutritional profile and utilization of Tubifex sp. as natural feed in freshwater aquaculture. Aquaculture Reports, 20, 100707. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100707>
- Kumar, V., et al. (2022) Role of microbial flocs in improving nutrient utilization Reviews in Aquaculture 14(2): 1172–1190 <https://doi.org/10.1111/raq.12615>
- Lobo, C., De Schryver, P., & Bossier, P. (2023). Organic matter dynamics and microbial interactions in aquaculture systems. Aquaculture Reports, 28, 101481. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101481>
- Malone, R. F., & Pfeiffer, T. J. (2022). Rating fixed film nitrifying biofilters used in RAS. Aquacultural Engineering, 97, 102251. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2022.102251>
- Malone, R.F., Pfeiffer, T.J. (2022) Biofiltration in recirculating systems Aquacultural Engineering 97: 102251 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2022.102251>
- Martins, C. I. M., Eding, E. H., & Verreth, J. A. J. (2022). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe. Reviews in Aquaculture, 14(3), 1389–1422. <https://doi.org/10.1111/raq.12631>
- Mushocheh, A., Febriyanti, L.T., Qulubi, M.H. (2023). Pemanfaatan Tepung Azolla Pada Pakan Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Beni Nila GIFT (*Oreochromis* sp.). Jurnal Lemuru. 5(2). 213-222. <https://doi.org/10.36526/jl.v5i2>
- Putra, I., Rusliadi, R., & Fauzi, M. (2022). Utilization of organic feed for improving growth performance of Tubifex sp.. Aquaculture Reports, 25, 101223. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101223>
- Sofiana, A., Lumbessy, Y. S., Lestari, P.L. (2023). Penambahan Tepung Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Yang Difermentasi EM-4 Pada Formulasi Pakan Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Jurnal Lemuru. 5(1), 18-29. <https://doi.org/10.36526/lemuru.v5i1>
- Tran, H.Q., et al. (2023) Environmental factors affecting growth Aquaculture Reports 29: 101528 <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101528>

Wang, X., et al. (2021) Reproductive biology of benthic organisms *Aquaculture Reports* 19: 100567 <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100567>

Zhang, Y., Liu, Y., & Chen, P. (2023). Effects of pH and nitrogen compounds on nitrification efficiency in aquaculture systems. *Aquaculture Reports*, 29, 101530. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101530>