

## KAPABILITAS RENANG IKAN SIDAT (*Anguilla bicolor*) STADIA ELVER GUNA PEMANFAATAN *FISHWAY* SECARA OPTIMAL

*Swimming Capabilities of Elver Eels (Anguilla bicolor) for Optimal Utilization of Fishways*

Oleh:

Fitra Linda<sup>1\*</sup>, Wazir Mawardi<sup>2</sup>, Ari Purbayanto<sup>2</sup>, Didin Komaruddin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Perikanan laut, Program  
Pascasarjana, IPB University, Bogor, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas  
Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor,  
Indonesia

\*Korespondensi penulis: Fitrafitra@apps.ipb.ac.id

### ABSTRAK

Ikan sidat (*Anguilla bicolor*) adalah ikan yang bersifat katadromus, bermigrasi ke laut untuk memijah, atau sebaliknya untuk benih ikan sidat (*glass eel*) akan kembali lagi ke sungai untuk menjadi sidat dewasa, kegiatan migrasi ini akan terganggu dengan adanya bangunan melintang seperti bendungan atau dam. Hal ini dikarenakan kecepatan arus air di bendungan lebih tinggi sedangkan ikan sidat bukan termasuk ikan perenang aktif. guna mempermudah proses migrasi ikan sidat ini maka diperlukan *fishway*. Pembangunan *fishway* memerlukan beberapa informasi seperti pola renang, kecepatan renang, dan ketahanan renang. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pola renang kecepatan renang dan ketahanan renang pada sidat stadia elver dengan kondisi arus yang berbeda. Selanjutnya merumuskan kinerja renang sidat stadia elver terkait dengan kebutuhan dalam mendesain *fishway* yang tepat. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Tingkah Laku Ikan Departemen PSP-FPIK, IPB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola renang sidat stadia elver adalah jenis *Anguilliform*, kecepatan renang *sustained speed* ikan sidat adalah  $\leq 0,91$  TL/detik, kecepatan renang *prolonged speed* ikan sidat adalah 1,57-1,82 TL/detik, dan kecepatan renang *burst speed* ikan sidat adalah  $\leq 2,7$  TL/detik. Berdasarkan data tersebut desain *fishway* yang sesuai dengan kecepatan renang *prolonged speed* ikan sidat yaitu tipe *fish lock* yang dapat dibuat dengan kemiringan 20° disertai dengan debit air berkisar 59 ml/detik dan kecepatan arus 30 cm/detik.

**Kata kunci:** arus, kecepatan renang, ketahanan renang, pola renang, sidat

### ABSTRACT

*Eel fish (Anguilla bicolor) is a catadromous fish, the migration of eels from rivers (fresh water) to sea water can be disrupted if there are transverse structures such as dams. This is because the speed of water currents across buildings is higher, whereas eel fish are not active swimmers, so a fishway is needed to facilitate the eel fish migration process. Fishway construction requires several information such as swimming patterns, speed and swimming endurance. This research aims to describe the swimming patterns of elver stage eels, measure the swimming speed and swimming endurance of elver stage eels in different current conditions. Next, formulate the swimming performance of elver stage eels related to the need to design an appropriate fishway. This research was conducted at the Fish Behavior Laboratory, PSP-FPIK Department, IPB. The results of the research show that the swimming pattern of the elver stage eel is the Anguilliform type, the sustained speed of the eel fish is  $\leq 0.91$  TL/second, the prolonged speed of the eel fish is 1.57-1.82 TL/second, and the burst swimming speed the speed of eel fish is  $\leq 2.7$  TL/second. Based on this data, the fishway design that suits the prolonged*

*swimming speed of eel fish is the fish lock type which can be made with a slope of 20° accompanied by water discharge range 59 ml/second speed current 30 cm/sec.*

**Key words:** *current, swimming speed, swimming endurance, swimming pattern, eel*

## PENDAHULUAN

Salah satu jenis ikan yang memiliki siklus hidup dari air laut bermigrasi ke perairan air tawar hingga menjadi dewasa kemudian akan kembali ke laut untuk melakukan pemijahan yaitu ikan sidat (Jellyman dan Tsukamoto, 2002). Adapun siklus hidup ikan sidat terdiri dari lima stadia yaitu larva (*leptocephalus*), benih ikan sidat (*glass eel*), ikan sidat berpigmen (elver), sidat muda (*yellow eel*) dan sidat dewasa (*silver eel*) (Van Ginneken dan Maes 2005). Berdasarkan lima stadia hidup ikan sidat, stadia yang memiliki tingkat kematian tertinggi terjadi pada siklus benih sidat. Hal ini dikarenakan benih sidat sering kali tidak sampai ke habitat perairan tawar dengan baik disebabkan adanya halangan seperti keberadaan bendungan dan jeram di jalur migrasinya (selain akibat penangkapan).

Permintaan konsumsi terhadap ikan sidat (*Anguilla bicolor*) semakin mengalami peningkatan hingga dapat mencapai 600.000 ton (KKP & WWF 2018). Tingginya permintaan tersebut tidak diimbangi dengan ketersediaan pasokan ikan sidat. Menurut ICES 2018, ikan sidat mengalami penurunan kuat sejak tahun 1970-an yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti hambatan migrasi, perikanan, kerusakan habitat, polusi, parasit, dan perubahan kondisi laut (Buysse *et al.* 2014; Drouineau *et al.* 2018; Feunteun 2002; Dekker 2020; Palstra *et al.* 2007). Faktor lain yang dapat mengancam kelestarian ikan sidat yaitu adanya keberadaan saringan PLTA yang dapat menghambat migrasi ikan sidat ke sungai. Oleh karena itu, pentingnya memiliki fasilitas ruaya bagi benih ikan sidat khususnya masih pada stadia elver yang disebut dengan *fishway* atau laluan ikan. Hal ini mempermudah ikan sidat stadia elver untuk menaiki bendungan dengan ketinggian tertentu sehingga dapat meningkatkan tingkat kehidupan ikan sidat di alam.

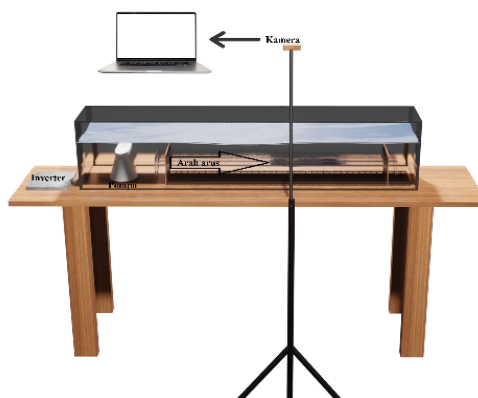
*Fishway* merupakan saluran yang didesain khusus di samping bendungan yang bertujuan untuk mempermudah ikan melewatinya sehingga ikan dapat bermigrasi tanpa harus terganggu dengan adanya bangunan bendungan tersebut. Pembangunan *fishway* di setiap bendungan memerlukan informasi terkait kapabilitas ikan sidat terdiri dari tingkah laku (pola, kecepatan dan ketahanan renang) ikan sidat khususnya pada stadia *glass eel*. Namun hingga saat ini informasi terkait kecepatan dan ketahanan renang ikan sidat stadia *glass eel* belum tersedia. Apabila hal ini tidak ditangani segera dapat mengakibatkan ketidakefektifan dalam proses pembuatan desain *fishway*. Oleh karena itu diperlukan beberapa informasi tentang kinerja renang ikan sidat yang dapat menjadi acuan dalam proses pembangunan *fishway* sebagai gambaran suatu alat bantu jalur migrasi sidat dalam melakukan migrasi. Keberhasilan migrasi benih ikan sidat akan menentukan keberlanjutan sumberdaya ikan sidat dewasa dimasa akan datang. Oleh karena itu dilakukan penelitian ini dengan tujuan mendeskripsikan pola renang sidat stadia elver, mengukur kecepatan renang dan ketahanan renang sidat stadia elver pada kondisi arus yang berbeda, dan kemudian merumuskan kemampuan renang sidat stadia elver terkait dengan kebutuhan dalam mendesain *fishway* yang tepat.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Maret–April 2023 bertempat di Laboratorium Tingkah Laku Ikan Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Pengambilan data kinerja renang elver dilaksanakan secara eksperimental dalam *aquarium*. Objek penelitian yang digunakan yaitu ikan sidat stadia elver. Metode eksperimental yang dilakukan dengan cara memasukkan ikan sidat yang telah dilakukan proses aklimatisasi ke dalam *aquarium*

kemudian diberi perlakuan arus dengan kecepatan yang berbeda-beda. Besaran kecepatan arus di antaranya 18,3 cm/s, 25,8 cm/s, 32,1 cm/s, 43,6 cm/s, 54 cm/s dan 59,9 cm/s. Proses pengamatan dilakukan dengan cara mengatur kecepatan renang ikan melalui pengaturan arus, dimulai dari tingkat rendah sampai pada tingkat di mana ikan tidak mampu lagi mempertahankan posisinya, hal tersebut diiringi dengan perekaman video dapat dilihat pada (Gambar 1). Hasil dari rekaman yang di dapat kemudian diolah untuk mendapatkan data pola dan ketahanan renang pada setiap tingkat kecepatan renang. Alat yang digunakan untuk melakukan proses perekaman yaitu kamera berkecepatan tinggi yang mampu membaca 80 *frame* per detik dan menggunakan aplikasi *windows media player* dan menggunakan *Software video wondershare filmora* yang digunakan untuk memperlambat gerakan ikan.



Gambar 1 *Aquarium* percobaan

Analisis data yang digunakan untuk mendeskripsikan pola renang ikan yaitu menggunakan analisis gap (kesenjangan) membandingkan pola renang ikan yang didapatkan saat melakukan penelitian dengan pola renang ikan menurut (Lindsey 1978) hasil penyempurnaan pengelompokan pola renang ikan yang dirilis. Selanjutnya pengukuran kecepatan renang ikan diperoleh dari setiap kecepatan arus yang diuji coba (cm/detik) dibagi dengan keseluruhan panjang tubuh (TL) ikan sidat. Data hasil tersebut kemudian dilakukan analisis regresi linear guna melihat hubungan kecepatan dengan ketahanan renang serta hubungan antara frekuensi kibasan ekor dengan laju renang ikan sidat. Adapun persamaan-persamaan yang digunakan melihat frekuensi kibasan ekor dan laju renang menurut (Mawardi 2012) adalah sebagai berikut:

- a. Hubungan antara frekuensi kibasan dengan laju renang ikan dihitung dengan menggunakan persamaan regresi linear sederhana yaitu :

$$v = a + bf \quad (1)$$

- b. Hubungan frekuensi antara kibasan ekor dengan laju spesifik ikan dengan persamaan:

$$\frac{v}{l} = a + bf \quad (2)$$

- c. Hubungan antara *swimming endurance* dengan laju spesifik dianalisis dengan menggunakan persamaan:

$$E = a + b \left( \frac{L}{s} \right) \quad (3)$$

Keterangan :

V = kecepatan renang ikan (cm/s)

a,b = konstanta regresi

f = frekuensi kibasan ekor (hz)

E = *swimming endurance* (menit)

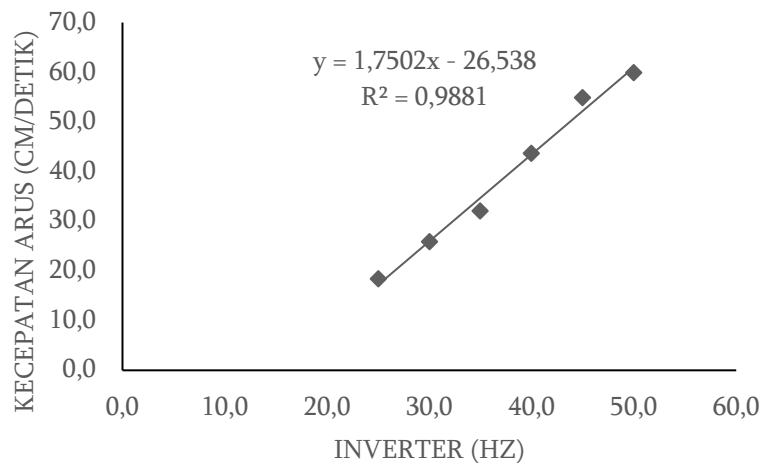
L/s = laju spesifik (perpindahan panjang tubuh per detik)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Mendeskripsikan Pola Renang Sidat Stadia Elver

#### Hubungan Antara Frekuensi Inverter dengan Kecepatan Arus

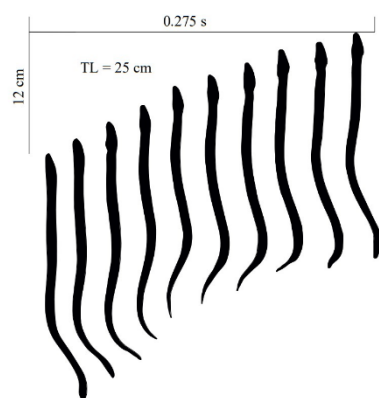
Setiap ikan sidat stadia elver memiliki kecepatan dan daya tahan renang yang berbeda-beda ketika menghadapi kecepatan arus di suatu perairan. Adapun proses eksperimental yang dilakukan pada skala *aquarium* ini dapat menjadi gambaran dan studi lebih lanjut untuk pengetahuan terkait penanganan ikan sidat stadia elver. Daya arus inverter yang digunakan untuk proses ekperimental tersebut berkisar antara 25 Hz, 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz dan 50 Hz diimbangi dengan besarnya kecepatan arus secara berurutan sebesar 18,3 cm/detik, 25,8 cm/detik, 32,1 cm/detik, 43,6 cm/detik, 54,8 cm/detik, dan 59,9 cm/detik. Sehingga diperoleh secara regresi linear hubungan antara frekuensi inverter dengan kecepatan arus sebagai berikut  $Y = 1,7502x - 26,538$  dengan nilai  $R^2 = 0,91$  (Gambar 2). Artinya hubungan antara frekuensi inverter dengan kecepatan arus menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi inverter maka semakin tinggi juga kecepatan arus yang dihasilkan.



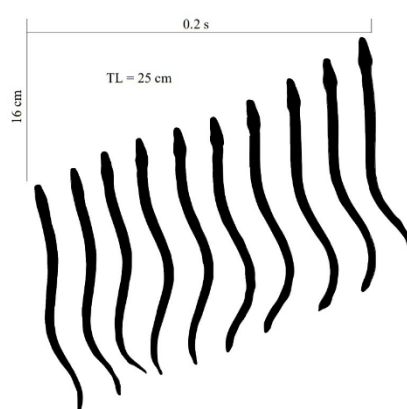
Gambar 2 Hubungan antara frekuensi inverter dengan kecepatan arus

#### Mode renang ikan sidat stadia *elver*

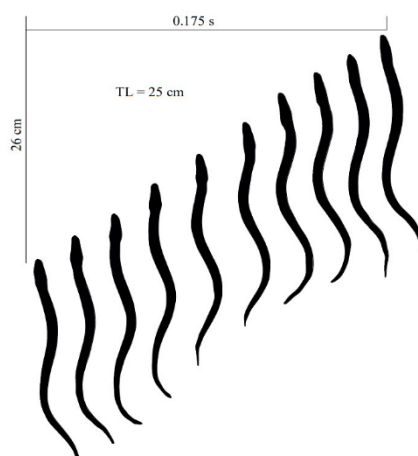
Pola renang ikan sidat akan dilihat berdasarkan pemberian perlakuan yang berbeda pada kecepatan arus yang diberikan, yaitu berkisar 18,3 cm/s, 32,1 cm/s dan 59,8 cm/s. Berdasarkan hal tersebut diperoleh bahwa ikan sidat dengan kecepatan 18,3 cm/s dapat menempuh jarak sebesar 12 cm dalam kurun waktu 0,275 sekon. Ikan sidat selanjutnya yang diberikan kecepatan arus sebesar 32,1 cm/s dapat menempuh jarak sejauh 16 cm dalam kurun waktu 0,2 sekon. Sedangkan untuk jenis ikan sidat dengan pemberian kecepatan arus sebesar 59,9 cm/s hanya dalam kurun waktu 0,175 dapat menempuh jarak sebesar 26 cm dapat dilihat pada (Gambar 3).



Gambar a. Pola renang arus 18,3 cm/s



Gambar b. Pola renang arus 32,1 cm/s



Gambar c. Pola renang arus 59,9 cm/s

Gambar 3 Pola renang ikan sidat dengan berbagai macam besaran arus

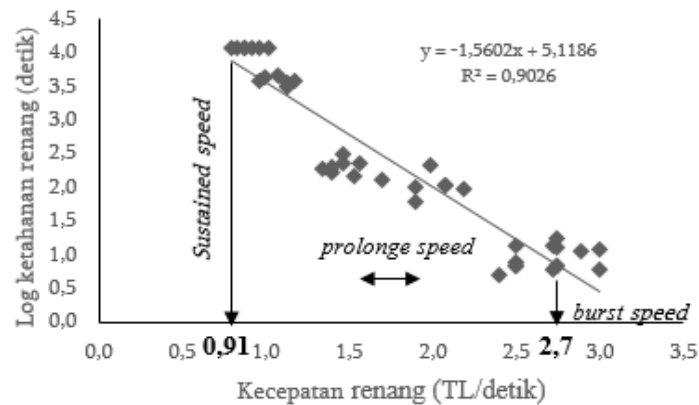
### Kecepatan dan Ketahanan Renang Ikan Sidat *Stadia Elver* Pada Kondisi Arus yang Berbeda

#### Kecepatan dan Ketahanan Renang Ikan Sidat

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan 7 kali pengulangan pada ikan sidat dengan ukuran yang berbeda-beda, di mana percobaan pertama dilakukan dengan ikan sidat berukuran kisaran 18-23 cm, daya arus inverter yang sama sebesar antara 25 Hz, 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz, dan 50 Hz. Sedangkan Kecepatan arus berkisar antara 18,3 cm/s, 25,8 cm/s, 32,1 cm/s, 43,6 cm/s, 54 cm/s, 59,9 cm/s. Adapun untuk pengulangan pertama dengan besaran daya arus 25 Hz dan kecepatan arus 18,3 cm/s secara berurutan menghasilkan kecepatan renang yang beragam. Ikan sidat yang berukuran 18 cm memiliki kecepatan renang sebesar 1,02 sekon, selanjutnya ukuran 19 cm memiliki kecepatan sebesar 0,96 sekon, ukuran 20 cm memiliki kecepatan sebesar 0,92 cm, ukuran 21 cm memiliki kecepatan 0,87 sekon, ukuran 22 cm memiliki kecepatan 0,83 sekon dan ukuran 23 cm memiliki ukuran 0,80 cm. Nilai kecepatan renang tertinggi rata-rata diperoleh ikan sidat yang memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan dengan yang berukuran lebih panjang.

Berdasarkan persamaan regresi linear aktivitas renang ikan sidat berdasarkan jenis kecepatan renangnya, diperoleh kecepatan renang *sustained speed* ikan sidat rata-rata adalah  $\leq 0,91$  TL/detik, di mana ikan sidat mampu berenang dalam 15-12.000 detik secara terus menerus tanpa berhenti hingga ikan kelelahan dan tidak mampu berenang kembali, ketika melakukan aktivitas renang *sustained* diindikasikan tidak terjadi peningkatan laju detak jantung ikan tersebut (Nofrizal 2009; Nofrizal dan Arimoto 2011). Kecepatan renang *prolonged speed* ikan sidat adalah 1,57-1,82 TL/detik pada kecepatan arus 25,8 cm/detik, 32,1 cm/detik dan 43,6 cm/detik. Kecepatan renang *burst speed* ikan sidat adalah

$\leq 2,7$  TL/detik di mana ikan hanya mampu berenang kurang dari 15 detik, walaupun dalam waktu yang singkat, namun energi yang digunakan pada kecepatan ini sangat tinggi. Pada kecepatan *burst speed* ikan tidak mampu bertahan lama berenang pada kecepatan arus tinggi 50 Hz (59,9 cm/detik), akibatnya ikan mengalami kelelahan dan kehilangan kemampuan berenangnya karena tidak bisa melawan arus tinggi. Hal tersebut dapat dilihat secara detail pada (Gambar 5).

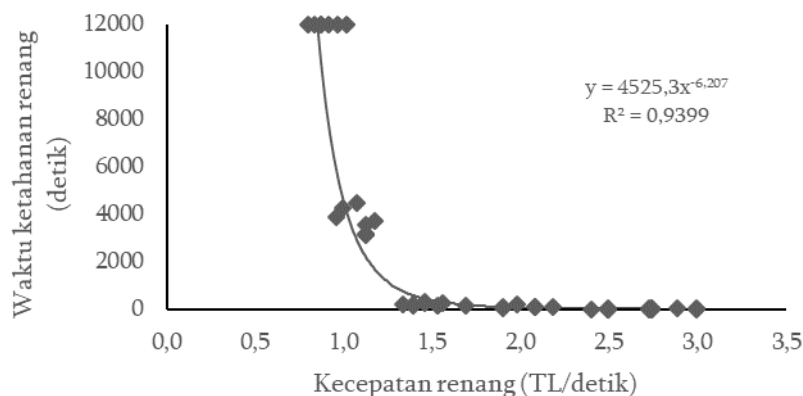


Gambar 4 pola renang ikan sidat berdasarkan kecepatan ikan sidat

Ketahanan renang ikan sidat pada masing-masing ukuran panjang ikan sidat dengan kecepatan arus dan daya arus yang berbeda memiliki hasil besaran ketahanan yang berbeda-beda. Hal tersebut dapat terlihat secara signifikan jika kecepatan arus diberikan sebesar 59,9 cm/s dengan daya arus sebesar 50 Hz. Hasil yang diperoleh dengan masing-masing ukuran sidat yang berbeda sebagai berikut: pada kisaran ukuran sidat 20 cm diperoleh ketahanan renang sebesar 6-12 sekon, ukuran 22 cm diperoleh ketahanan sebesar 6-14 sekon, ukuran 24 cm mampu bertahan selama 7-8 sekon dan ukuran 25 cm hanya bertahan selama 5 sekon. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan semakin panjang ukuran ikan sidat ketahanannya melawan arus semakin sedikit apabila dibandingkan dengan ikan sidat yang memiliki ukuran lebih pendek.

#### Hubungan Kecepatan Renang dan Daya Tahan Renang

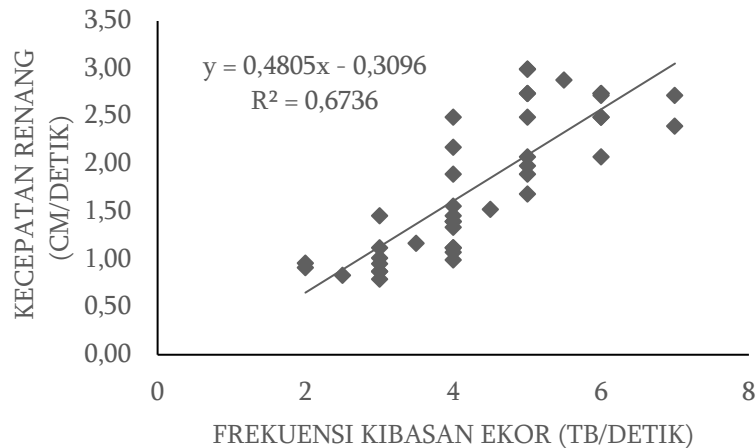
Hubungan antara kecepatan renang ikan dengan waktu ketahanan ikan secara umum menunjukkan adanya nilai korelasi regresi linear sebesar  $y = 4525,3x^{-6,207}$  dan nilai  $R^2 = 0,9399$  (Gambar 5). Hal tersebut menandakan adanya hubungan yang saling berkebalikan antara kecepatan ikan sidat dengan waktu ketahanan ikan untuk melalui suatu arus perairan. Hubungan yang terjadi yaitu apabila nilai kecepatan renang menurun maka daya tahan renangnya meningkat begitu pun berlaku sebaliknya.



Gambar 5 Hubungan kecepatan renang dengan daya tahan renang ikan sidat

### Hubungan antara frekuensi kibasan ekor ikan sidat stadia elver dengan kecepatan renang ikan

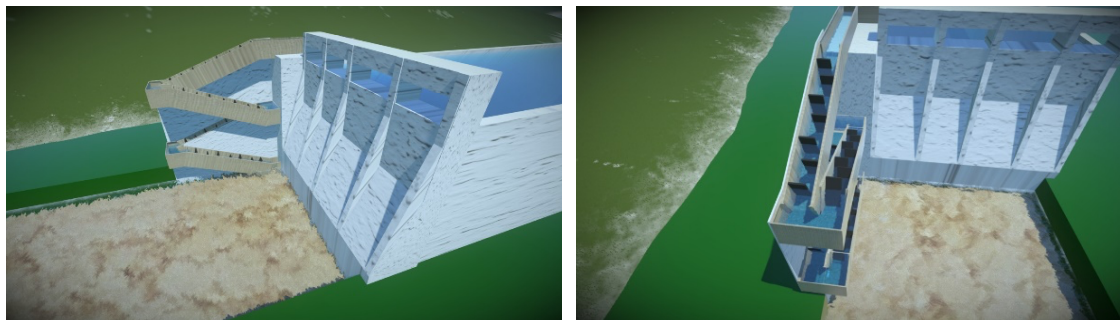
Aktivitas kibasan ekor adalah banyaknya pergerakan ekor ikan dalam kurun waktu 1 detik. Hubungan antara frekuensi kibasan ekor dengan kecepatan relatif ikan dijelaskan dengan persamaan regresi linear  $y = 0,4805x - 0,3096$  di mana  $x$  adalah frekuensi kibasan ekor. Dari data hasil pengujian diperoleh bahwa semakin cepat ikan sidat berenang maka akan semakin cepat frekuensi kibasan ekornya. Frekuensi pergerakan ekor atau kibasan ekor (*tailbeat*) berubah-ubah sesuai dengan kecepatan renang ikan. Berdasarkan data hasil pengujian diperoleh bahwa semakin cepat ikan sidat berenang maka akan semakin cepat frekuensi kibasan ekor yang dihasilkan. Hubungan kibasan ekor sidat dengan kecepatan renang sidat ditunjukkan pada (Gambar 6).



Gambar 6 hubungan banyaknya kibasan ekor ikan dengan kecepatan renang ikan sidat

### Desain *Fishway* Berdasarkan Kecepatan dan Ketahanan Renang Ikan Sidat

Desain *fishway* yang sesuai dengan kondisi berdasarkan hasil pengamatan yang didapat dari penelitian ini, untuk ikan sidat stadia elver yang memiliki kecepatan renang *prolonged speed* sebesar 1,57-1,82 TL/detik, pada kecepatan arus 25,8 cm/detik, 32,1 cm/detik dan 43,6 cm/detik di dapat dengan membuat kemiringan 20° dengan debit air 59 ml/detik dan kecepatan arus 30 cm/detik. Hal tersebut sesuai dengan Aziza (2010), yang menyatakan bahwa dengan kemiringan 20° diperoleh debit air sebesar 59 ml/detik, debit tersebut memiliki kecepatan arus 30 cm/detik sehingga arus lambat dan tidak membahayakan sidat untuk bermigrasi. Elver yang berukuran 18-25 cm memerlukan kondisi *fishway* dengan hambatan aliran kecil, memiliki sekat-sekat, dan memiliki saluran yang bersubstrat kasar. Jalur *fishway* bagi elver sepanjang 40 meter dibagi 4 jalur lintasan, pada *fishway* dilengkapi kolam penenang atau zona tenang, di mana ikan dapat beristirahat pada saat menelusuri *fishway*. Konstruksi dasar saluran *fishway* ditambahkan batu-batu kasar hal ini dimaksudkan sebagai tempat ikan untuk berlindung. Detail ilustrasi desain dapat dilihat pada (Gambar 7).



Gambar 7 Desain *fishway* ikan sidat stadia elver

Pola renang merupakan salah satu bentuk atau gambaran gerakan ikan ketika berenang, yang dipengaruhi oleh pergerakan tubuh dan sirip ikan tersebut (Blake 1983; Webb 1984). Pola renang ikan disesuaikan dengan habitat dan tingkah laku ikan, sehingga dihasilkan pergerakan ikan yang berbeda-beda. Berdasarkan (Gambar 2), maka pola renang dari ikan sidat yang diamati menurut Lindsey (1978) termasuk kelompok *Anguilliform*. Ikan sidat menggunakan sebagian besar seluruh panjang tubuhnya sebagai penggerak utama. Ikan yang berenang dengan mode *Anguilliform* termasuk ikan yang tubuhnya memanjang (Helfman *et al.* 1997). Daya dorong yang dihasilkan tidak hanya di-ekor, tetapi juga pada tingkat yang bervariasi oleh tubuh, tergantung pada morfologi ikan dan gerakan berenang. Perenang *Anguilliform* cenderung memiliki undulasi di sepanjang tubuhnya terutama pada kecepatan tinggi dengan lengkungan tubuhnya yang hampir lengkap.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh terkait kecepatan yang dihasilkan oleh masing-masing ikan sidat berbeda-beda, hal ini tergantung dengan ukuran ikan sidat. Menurut (Lighthill 1970 dan Webb 1984) pola renang ikan *Anguilliform* relatif lambat karena tubuh mereka yang relatif panjang dan keterlibatan daerah anterior dalam penggerak. Sehingga dapat disimpulkan semakin pendek ukuran ikan semakin cepat pula kecepatan renang ikan sidat begitu pun sebaliknya. Sedangkan untuk ketahanan ikan sidat pada arus diperoleh semakin panjang ukuran ikan maka ketahanannya akan semakin sedikit begitu pun sebaliknya. Ketahanan ikan dipengaruhi oleh persediaan energi pada tubuh ikan sidat, sehingga ikan terlalu banyak menggunakan energi saat melawan pergerakan arus air yang kuat dan menyebabkan ikan mengalami kelelahan karena energi yang ada tidak cukup untuk melawan arus (Nofrizal *et al.* 2009).

Selain itu aktivitas renang ikan sidat dapat dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan kecepatannya yaitu *sustained speed*, *prolonged speed* dan *burst swimming speed*. Kecepatan renang *sustained*, yaitu kecepatan renang ketika ikan mampu atau tahan berenang lebih dari 200 menit terus-menerus tanpa berhenti. Selanjutnya kecepatan renang *prolonged*, kecepatan renang ini lebih cepat dari kecepatan renang *sustained*, di mana ikan mampu berenang lebih dari 15 detik dan kurang dari 200 menit, keterbatasan kemampuan renang ikan ini disebabkan akibat kelelahan oleh aktivitas renang tersebut. Kecepatan renang maksimum (*burst*), yaitu kecepatan renang ikan yang laju dan ikan hanya mampu berenang kurang dari 15 detik untuk melakukan aktivitas renang tersebut. Ketiga kecepatan renang ini dapat memberikan gambaran keadaan fisiologis ikan ketika berenang (Nofrizal *et al.* 2009; Nofrizal dan Arimoto 2011). Berdasarkan hasil penelitian ikan sidat memiliki kecepatan maksimum pada kecepatan arus tinggi 50 Hz (59,9 cm/detik) yang mengakibatkan ikan akan mengalami kelelahan dan dapat kehilangan kemampuan renangnya. Ikan yang kelelahan akan terlihat dari cara ikan tersebut berenang. Ikan yang kelelahan akan berenang cenderung tidak stabil, kemudian ketika sudah mencapai batasnya maka ikan akan berhenti melawan arus. Semakin cepat arus yang diberikan kepada ikan sidat maka kemampuan renang ikan sidat dalam menempuh jarak semakin jauh dalam waktu yang cepat. Sebaliknya semakin lambat arus yang diberikan kemampuan renang ikan sidat dalam menempuh jarak yang jauh membutuhkan waktu yang lama.

Hubungan antara kecepatan dan daya tahan renang ikan sidat yaitu ketika ikan berenang dengan kecepatan yang rendah, maka nilai daya tahan renang yang dihasilkan tinggi. Namun sebaliknya saat ikan berenang dengan kecepatan yang tinggi, daya tahan renang akan menurun secara drastis. Hal ini karena adanya pengaruh terlalu banyaknya penggunaan energi saat melawan pergerakan arus air yang kuat dan menyebabkan ikan mengalami kelelahan. Sedangkan energi yang dibutuhkan ikan pada kecepatan yang lebih tinggi lebih banyak daripada kecepatan renang yang lebih rendah. Seiring dengan hal tersebut, laju metabolisme akan meningkat pula pada kecepatan yang tinggi sedangkan persediaan energi pada ikan umumnya tetap dan tidak mungkin dengan cepat memenuhi kebutuhan energi yang tinggi tersebut (Nofrizal *et al.* 2009).

Kecepatan renang ikan sidat yang memiliki pola renang *Anguilliform* sangat ditentukan oleh kecepatan kibasan ekornya. Kibasan ekor merupakan sumber energi dorong yang dihasilkan oleh aktivitas ekor yang memberikan daya dorong pada tubuh ikan di dalam air pada saat berenang. Adapun



selama penelitian berlangsung, pengamatan kibasan ekor ikan dilakukan di dalam *aquarium* dengan kecepatan arus yang berbeda. Kibasan ekor ikan diuji pada setiap tingkatan kecepatan arus dihitung melalui analisa hasil rekaman video berkecepatan tinggi. Perekaman dengan kecepatan tinggi dimaksudkan agar pada saat penghitungan kibasan ekor lebih mudah dan keakuratannya tinggi. Sehingga diperoleh hubungan antara frekuensi kibasan ekor ikan dengan kecepatan renang ikan. Adapun hasilnya yaitu sebagai berikut semakin tinggi arus yang diberikan semakin banyak kibasan ekor yang dilakukan oleh ikan sidat. Ghifari *et.al* (2019) menyatakan bahwa dorongan dari kegiatan kibasan ekor ikan memiliki hubungan dengan kecepatan renang dan juga konsumsi oksigen, jadi semakin banyak kibasan ekor ikan maka semakin banyak pula konsumsi oksigen yang digunakan. Hal ini dapat menyebabkan terganggunya proses respirasi dan metabolisme ketika berenang sehingga menyebabkan ikan kelelahan dan berdampak kepada kematian spesies.

Desain *fishway* yang dibuat dengan tipe *lock (fish lock)* merupakan pengembangan dari desain yang sudah ada dan disesuaikan kembali dengan kondisi kecepatan dan ketahanan renang dari sidat. Teknik ini sudah dikenal sejak lama khususnya di negara Belanda, Skotlandia, Irlandia, Rusia dan Jerman. Konstruksi tersebut diilustrasikan sama dengan *lock* kapal yang terdiri dari konstruksi ruang *lock* dan konstruksi *inlet* hilir dan *outlet* hulu dengan beberapa pintu (Aziza 2010). Adanya *fishway* diharapkan mampu mempertahankan jalur migrasi ikan meskipun terhalang dengan bangunan air baru, membangun ulang jalur migrasi yang sempat terputus akibat pelaksanaan pembangunan bendungan dan memperpanjang jalur migrasi dengan hambatan yang alami.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Ikan sidat memiliki pola renang berupa pola *Anguilliform*, kecepatan renang ikan sidat berbeda-beda. Berdasarkan jenisnya dibedakan menjadi tiga yaitu *sustained speed* dengan besar masing-masing kecepatan yaitu  $\leq 0,91$  TL/detik, *prolonged speed* sebesar 1,57-1,82 TL/detik dan *burst speed* ikan sidat sebesar  $\leq 2,7$  TL/detik. Berdasarkan hasil pengamatan terkait kapabilitas ikan sidat stadia elver, desain *fishway* yang sesuai yaitu dengan memperhitungkan kecepatan renang *prolonged speed* sebesar 1,57-1,82 TL/detik, pada kecepatan arus 25,8 cm/detik, 32,1 cm/detik dan 43,6 cm/detik yaitu dapat digambarkan secara optimal melalui desain pembuatan kemiringan sebesar 20° dengan debit air 59 ml/detik dan kecepatan arus 30 cm/detik.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap kondisi fisiologi ikan sidat pada masing-masing kecepatan renang yang telah diamati pada percobaan ini. Pengamatan kondisi fisiologi ikan, meliputi aktivitas jantung, laju respirasi, dan aktivitas otot merah dan putih pada masing-masing kecepatan yang berbeda.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada petugas Laboratorium Tingkah Laku Ikan Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor yang telah mengizinkan melakukan proses penelitian secara eksperimental. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait atas kerja sama selama pengambilan, pengolahan dan analisis data.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aziza MI. 2010. Studi perencanaan dan uji model hidrolika *fishway* pada bendungan gerak smebayat [skripsi]: Institut Teknologi Surabaya.
- Blake RW. 1983. Fish Locomotion. London (UK): Cambridge University Press.

- Buysse D, Mouton AM, Stevens M, Van den Neucker T, Coeck J. 2014. Mortality of European eel after downstream migration through two types of pumping stations. *Fish. Manag. Ecol.* 21(1): 13-21.
- Dekker W. 2020. Reference Only. *Sarcoidosis*. (January 1997): 487-487. doi:10.1201/b13322-65.
- Drouineau H, Durif C, Castonguay M, Mateo M, Rochard E, Verreault G, Yokouchi K, Lambert P. 2018. Freshwater eels: A symbol of the effects of global change. *Fish Fish.* 19(5): 903-930.
- Feunteun E. 2002. Feunteun2002\_Cause declin anguille.pdf. 18: 575-591.
- Ghifari K, Nofrizal dan Jhonerie R. 2019. Kemampuan dan daya tahan renang ikan tapah (*Wallago leeri*) dalam tangki berarus (*Flume tank*). *Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau*. 1-13.
- Helfman G, Allen DM, dan Wiley R. L. (1997). Anguilliform swimming in fishes: A review of form and function. *The Journal of Experimental Biology*, 200(17), 2423-2442.
- Jellyman D, Tsukamoto K. 2002. First use of archival transmitters to track migrating freshwater eels *Anguilla dieffenbachii* at sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 233(May): 207-215.
- KKP dan WWF Indonesia. 2018. *Simposium Hiu Dan Pari di Indonesia ke-2*.
- Lighthill, M.J. 1970. 44 J. Fluid Mech Aquatic Animal Propulsion of High Hydromechanical Efficiency.
- Lindsey CC. 1978. Form, Function, and Locomotory Habbits in Fish. In *Fish Physiology Vol. VII Locomotion*. Edited by Hoar WS, Randall DJ. New York (US): Academic Press.
- Mandal S, dan Tu Y. (2015). Design of fishway for eel migration in the Mekong River. *Journal of Hydrology*. 521, 443-451.
- Nofrizal, Yanase, K. dan Arimoto, T. 2009. Effect of temperature on the swimming endurance and post-exercise recovery of jack mackerel *Trachurus japonicas*, as determined by ECG monitoring. *Fisheries Science*, 75(6): 1369-1375
- Nofrizal, Arimoto T. 2011. ECG monitoring on swimming endurance and heart rate of jack mackerel *trachurus japonicus* during repeated exercise. *J Asian Fish Sci.* 24(1): 78-87.
- Palstra AP, Heppener DFM, van Ginneken VJT, Székely C, van den Thillart GEEJM. 2007. Swimming performance of silver eels is severely impaired by the swim-bladder parasite *Anguillicola crassus*. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 352(1): 244-256.
- Van Ginneken, Vincent J.T., and Gregory E. Maes. 2005. "The European Eel (*Anguilla Anguilla*, Linnaeus), Its Lifecycle, Evolution and Reproduction: A Literature Review." *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15(4): 367-98.
- Webb PW. 1984. Form and Function in Fish Swimming. *Sci. Am.* 251(1): 72-82.